

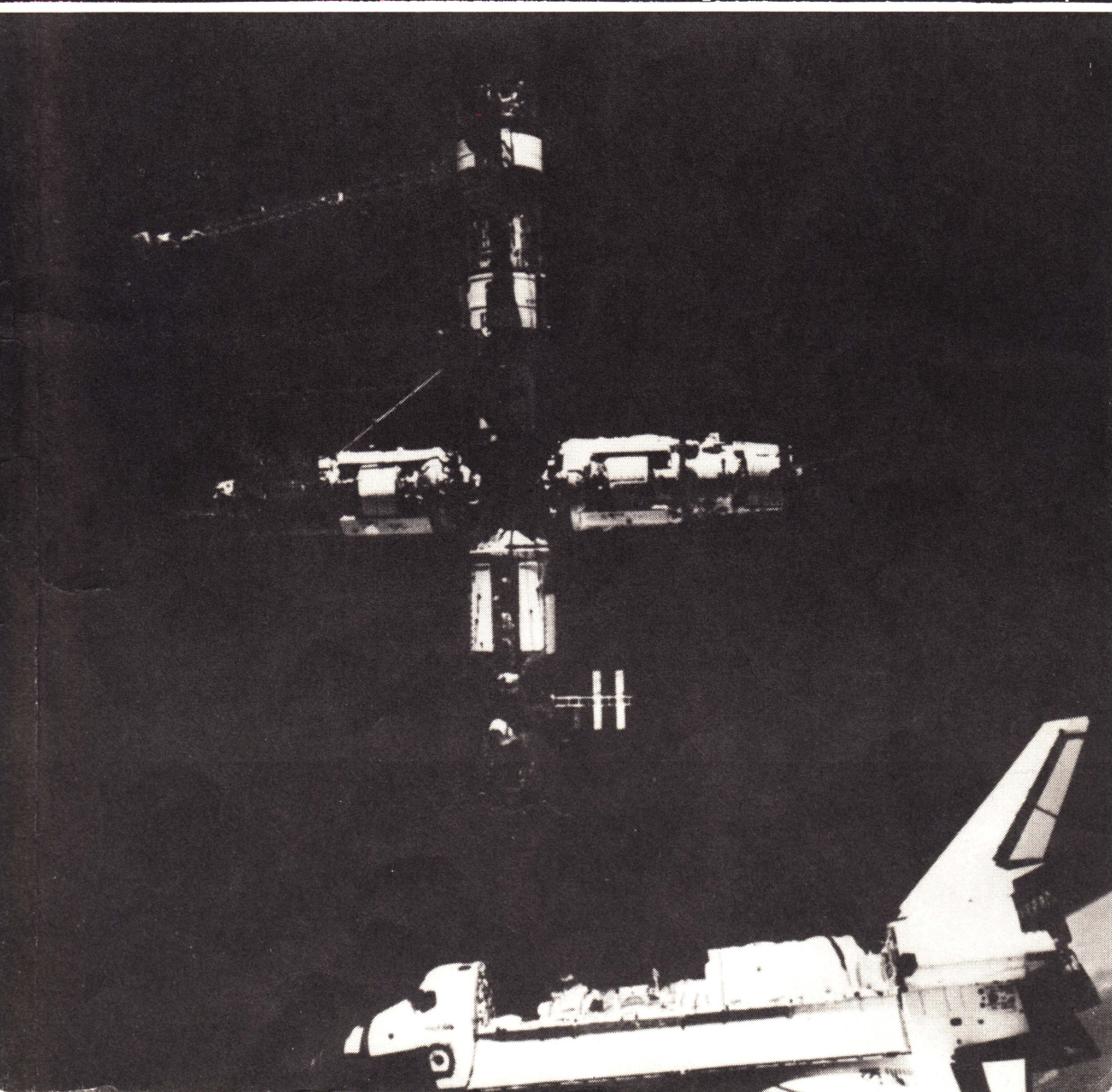
ISSN 0044-3948

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

КОСМОНАВТИКА
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА

МАРТ – АПРЕЛЬ

2/98





Научно-популярный журнал
Российской академии наук
и Астрономо-геодезического
общества
Издается с января 1965 года
Академиздатцентр "Наука"
Москва

Земля и Вселенная

2/98



Новости науки и другая информация: Комета или астероид [12]; Увидеть прошлое Вселенной [12]; Странности Каллисто [19]; Новые книги [31, 37, 109]; Динозавров погубила... сера [31]; Еще одна планета [37]; Молнии повышают кислотность осадков [42]; Массовые вымирания и космические катастрофы [48]; Первая карта магнитного поля звезды [48]; Посланцы Весты на Земле [58]; Эксперимент "Инспектор" [65]; Западная Антарктида "составлена" из двух плит [66]; Метеоритный кратер под водой [92]; Что нового на Юпитере? [92]; Объект пояса Койпера изучен 10-метровым телескопом [96]; Солнце в октябре-ноябре 1997 г. [97]; От Солнца валит... пар [97]; Черные дыры в далеких галактиках [100]; Рекордная разрешающая способность [104]; Знакомство с Марсом [110]

В номере:

- 3 ТАТЕВЯН С.К. Форма Земли по наблюдениям спутников
13 БЕЛОУС М.Л. Сверхновые на космологических расстояниях
20 АВСЮК Ю.Н. Изменение географических широт и движение полюса Земли (факты, оставшиеся необсужденными)

ЭКОЛОГИЯ

- 27 ЗВЯГИНЦЕВ А.М., КРУЧЕНИЦКИЙ Г.М. Проблема приземного озона

ЛЮДИ НАУКИ

- 32 ПОВЗNER А.Д., ШОЛПО В.Н. Владимир Владимирович Белоусов (к 90-летию со дня рождения)
38 БРОНШТЭН В.А. Вацлав Ласка – сейсмолог, астроном, метеоролог
43 СМЕРНОВ В.А. Игорь Станиславович Астапович – исследователь метеорных явлений (к 90-летию со дня рождения)
49 ЖЕЛНИНА Т.Н. Иоганнес Винклер – один из пионеров ракетной техники и космонавтики

ИСТОРИЯ НАУКИ

- 55 БУРГЕСС К., ВОГХЭН С. Первые американские обезьяны-космонавты

ИЗ НОВОСТЕЙ РОССИЙСКОЙ КОСМОНАВТИКИ

- 59 ЛЫНДИН В.И. Полет станции "Мир" продолжается (2-е полугодие 1997 г.)

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

- 67 ЛЕВИТАН Е.П. Пособия, дополняющие учебники астрономии
70 ПОПОВА А.Д. Размерность пространства Вселенной и проблемы космологии
80 ИВАНОВ-ХОЛОДНЫЙ Г.С. Солнечная активность и атмосфера

ЛЮБИТЕЛЬСКОЕ ТЕЛЕСКОПОСТРОЕНИЕ

- 87 ПЕКУР С.Н. Как я строил телескоп и что из этого получилось

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 93 Небесный календарь: май-июнь 1998 г.

КОСМИЧЕСКАЯ ПОЭЗИЯ

- 98 ГОРОБЕЦ Б.С. Вислава Шимборская

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

- 101 ЮРЕВИЧ В.А. Секреты пирамид

ФАНТАСТИКА

- 105 БАГРОВ А.В. Поединок
111 Указатель статей по теме "Любительское телескопостроение", опубликованных в журнале "Земля и Вселенная" в 1965-97 гг.



© Академиздатцентр "Наука"
Российская академия наук
Журнал "Земля и Вселенная", № 2, 1998 г.

Zemlya i Vseleennaya (Earth and Universe); Moscow, Maronovsky per., 26, f. 1965, 6 a year; by the Nauka (Science) Publishing House; Joint edition of the Russian Academy of Sciences and the Society of Astronomy and Geodesy; popular; current hypotheses of the origin and development of the Earth and Universe; astronomy, geophysics and space research; Chief Editor V.K. Abalakin; Deputies Editors V.M. Kotlyakov, E.P. Levitan

In this issue:

На стр. 1 обложки: 12 апреля отмечается замечательная дата – День космонавтики. 37 лет прошло от первого витка Ю.А. Гагарина до 68 тыс. оборотов вокруг Земли, что совершила за 12 лет полета станция “Мир”. На этом орбитальном комплексе работали 24 длительные экспедиции российских космонавтов и астронавты 10 стран. Седьмая стыковка корабля “Атлантис” с комплексом “Мир” осуществлена 27 сентября 1997 г. (на снимке)

На стр. 2 обложки: Экипаж корабля “Атлантис” (STS-86) с российскими космонавтами на борту станции “Мир”, слева направо: М. Фозл (США), А.Я. Соловьев, П.В. Виноградов, Д. Узерби (США), В.Г. Титов, Д. Вулф (США), С. Паразински (США) и Ж.-Лу Кретьен (Франция). 28 сентября 1997 г. Фото NASA (см. статью В.И. Лындина)

На стр. 3 обложки: Марсоход “Соджнер” во время экскурсий по “Саду камней” около посадочной станции “Марс Патфайндер” (июль-август 1997 г.)

На стр. 4 обложки: Астероид Веста (снимок сделан КТХ в мае 1996 г.) после компьютерной обработки. Внизу снимка – в районе полюса – обнаружен крупный кратер

- 3 TATEVIAN S.K. The form of the Earth from observations of satellites
13 BIELOUS M.L. The Supernovas in cosmological distances
20 AVSIUCK Yu.N. Changes of geographical latitudes and movement of the Pole (the facts without discussions)

ECOLOGY

- 27 ZVIAGINTSEV A.M., KRUCHENITSKY G.M. Problems of close to ground ozone

PEOPLE OF SCIENCE

- 32 POVZNER A.D., SHOLPO V.N. Vladimir Vladimirovitch Bielousov (90 years of birthday)
38 BRONSHTEN V.A. Watzlav Laska: seismologist, astronomer, meteorologist
43 SMIRNOV V.A. Igor Stanislavovitch Astapovitch: investigator of meteoritic phenomena (90 years of birthday)
49 ZHELNINA T.N. Johannes Winkler – one of the pioneers of the rocketry-building and astronautics

HISTORY OF SCIENCE

- 55 BURGESS K., WOGHEN S. The first American astronaut monkeys

NEWS OF THE RUSSIAN ASTRONAUTICS

- 59 LYNDIN V.I. Flight of the station “Mir” continue: second half of 1997

ASTRONOMICAL EDUCATION

- 67 LEVITAN E.P. Text-books to complete manuals

HYPOTHESES, DISCUSSION, SUGGESTIONS

- 70 POPOVA A.D. Dimension of space of the Universe and problems of cosmology
80 IVANOV-HOLODNY G.S. Activity of the Sun and atmosphere

AMATEUR TELESCOPE MAKING

- 87 PECKUR S.N. How I was making telescope and what came out of it

AMATEUR ASTRONOMY

- 93 Sky calendar: May-June 1998

SPACE POETRY

- 98 GOROBETS B.S. Weslava Shamborska

THE BOOKS ABOUT THE EARTH AND THE SKY

- 101 JUREVITCH V.A. The secrets of pyramids

SCIENCE FICTION

- 105 BAGROV A.V. Duel
111 Index of articles published in the section “Amateur telescope making” in 1965-97

Редакционная коллегия:

Главный редактор член-корреспондент РАН В.К. АБАЛАКИН

Зам. главного редактора академик В.М. КОТЛЯКОВ

Зам. главного редактора доктор педагогических наук Е.П. ЛЕВИТАН

доктор географ. наук А.А. АКСЕНОВ, академик А.А. БОЯРЧУК, доктор психол. наук Ю.Н. ГЛАЗКОВ, доктор физ.-мат. наук А.А. ГУРШТЕЙН, доктор физ.-мат. наук И.А. КЛИМИШИН, доктор физ.-мат. наук Л.И. МАТВЕЕНКО, доктор физ.-мат. наук И.Н. МИНИН, член-корр. РАН А.В. НИКОЛАЕВ, доктор физ.-мат. наук Г.Н. ПЕТРОВА, доктор геол.-мин. наук Г.И. РЕЙСНЕР, доктор физ.-мат. наук Ю.А. РЯБОВ, академик В.В. СОБОЛЕВ, Н.Н. СПАССКИЙ, доктор физ.-мат. наук Ю.А. СУРКОВ, доктор техн. наук Г.М. ТАМКОВИЧ, доктор физ.-мат. наук Г.М. ТОВМАСЯН, академик АН Молдовы А.Д. УРСУЛ, член-корр. РАН А.М. ЧЕРЕПАЩУК, доктор физ.-мат. наук В.В. ШЕВЧЕНКО

Форма Земли по наблюдениям спутников

С.К. ТАТЕВЯН

кандидат технических наук
Институт астрономии РАН

Точность, достигнутая в космической геодезии, дает возможность изучать фигуры и размеры Земли и их изменения во времени (космическая геодинамика), а также решать ряд проблем более частного характера (исследование геотектоники плит, глобальных и региональных тектониче-



ских движений и деформаций, контроль уровня Мирового океана). В настоящее время реализуется ряд программ космической геодезии, использующих различную наземную аппаратуру и спутники. Особое внимание уделяется исследованиям тектонически активных зон.

ЗАРОЖДЕНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ГЕОДЕЗИИ

Если бы искусственный спутник Земли двигался в безвоздушном пространстве вокруг изолированной сферически симметричной Земли, то его орбита была бы эллипсом, один из фокусов которого совпадает с центром земного шара. Такой эллипс не меняется со временем, а его большая ось и наклонение остаются неизменными по отношению к звездам.

Но в действительности Земля не изолирована, не сферическая и, к тому же, окружена атмосфе-

рой. Поэтому орбита искусственного спутника существенно меняется с течением времени. Отклонения вызываются, с одной стороны, тормозящим действием земной атмосферы, с другой – несферическими составляющими земного потенциала тяготения, а в некоторых случаях – притяжением Луны и Солнца. Воздействие этих факторов различно и до некоторого

предела независимо, поэтому точный анализ движения спутников позволяет отдельно изучать как плотность атмосферы на высоте перигея, так и нерегулярность земного поля тяготения, т.е. истинную фигуру Земли.

Изучение движения ИСЗ и эволюции их орбит по результатам наземных наблюдений позволяет решать ряд важных научных задач геофизики и геодезии, решить которые иными способами пока невозможно. Оптические наблюдения искусственных небесных тел необходимы и для ряда

практических задач исследования космического пространства. Прежде всего, здесь следует назвать эфемеридную службу спутников, значение и объем которой непрерывно возрастают по мере увеличения количества объектов, находящихся на орбитах.

Для спутников с научной аппаратурой на борту чрезвычайно важно точное знание положения на орбите в момент работы приборов. Еще в большей степени это относится к спутникам и космическим кораблям, возвращающимся на Землю и управляемым по команде с Земли. Такие объекты должны наблюдаться особенно тщательно, а для этого необходимы их предельно точные эфемериды.

На околоземных орбитах сейчас постоянно находится несколько сотен летающих объектов, не считая "космического мусора" — мелких обломков бывших спутников (Земля и Вселенная, 1993, № 6). Поэтому за движением определенного спутника можно точно проследить, если орбиты остальных также непрерывно изучаются. Иначе легко принять объект с близкой орбитой за искомым.

По этим причинам необходимо иметь хорошо поставленную службу спутников, где регистрируются все происходящие с ними события: появление новых объектов, изменение элементов орбиты летающих спутников, вхождение их в плотные слои атмосферы и сгора-

ние. В этом отношении мы имеем здесь полную аналогию со службой малых планет, которую астрономы на многих обсерваториях мира ведут регулярно уже в течение многих десятилетий.

С появлением ИСЗ возник новый, весьма эффективный метод определения координат географических пунктов — **космическая триангуляция** (Земля и Вселенная, 1968, № 3). С точки зрения геодезиста, искусственный спутник — это видимая с очень больших расстояний визирная цель, хотя и перемещающаяся с довольно большой скоростью. Если такая цель наблюдается строго одновременно несколькими станциями, то задача сводится к своеобразному космическому варианту обычной триангуляции, при которой одна из вершин каждого решаемого треугольника совпадает с положением спутника в данный момент. Поскольку скорость спутника около 7 км/с, допустимая ошибка синхронизации наблюдений не должна превышать нескольких миллисекунд. Обеспечить столь высокую степень синхронизации работы наблюдательных аппаратов, разделенных тысячами километров, чрезвычайно трудно. Прежде всего для этого нужно точно исследовать аппаратуру, знать запаздывания в ней, учитывать разные тонкие эффекты, вплоть до поправки за абберационное время. И, конечно, необходимо хорошо организованное

централизованное управление.

Разработанная под руководством доктора физико-математических наук А.Г. Масевич методика позволяет справиться с указанными трудностями. Она успешно применялась на станциях фотографических наблюдений сети Астрономического совета АН СССР вплоть до 1980 г.

Все станции, снабженные стандартной камерой и аппаратурой для регистрации времени с точностью до $7 \pm 0,2$ мс, вели фотографирование по единой программе. В определенные моменты времени (к примеру, в начале каждой четной минуты при всех видимых прохождениях избранного спутника) на один кадр проводилась серия коротких экспозиций. Время каждой экспозиции фиксировалось. След спутника на негативе получался в виде цепочки точечных изображений. При обработке снимков для каждого изображения получали точное время и координаты, а окончательная синхронизация достигалась при уравнивании координат по времени и приведении результата на выбранный момент (нормальная точка), к примеру на 15,0000^с.

Первый пробный сеанс синхронных наблюдений по указанной программе провели в начале мая 1961 г. Наблюдения велись на четырех станциях (Пулково, Харьков, Ташкент и Николаев). Объектом наблюдения служил американский спутник

“Эхо-1”. За пять прохождений спутника получено 34 синхронных негатива. При обработке этого материала станции Пулково, Ташкент и Николаев служили опорными; координаты станции Харьков были вычислены с точностью до 70 м.

Для определения реальной точности метода и возможностей его практического применения провели новый сеанс синхронных наблюдений того же спутника в мае-июне 1963 г. Участвовали наблюдательные станции сети Астрономического совета от Ужгорода на западе до экспедиционных станций на Камчатке и Кунашире, организованных Астросоветом и Геодезической службой. К работе присоединились станции ГДР, Польши, Румынии и Чехословакии. Общая протяженность измеренной сети составила 10000 км. Наблюдения показали, что космическая триангуляция уверенно осуществляется при расстояниях между станциями 3000–4000 км; возможны наблюдения и на больших расстояниях. К примеру, синхронные наблюдения были получены на станциях в Алма-Ате и Южно-Курильске, дистанция между которыми превышает 5000 км.

На обработанном участке сети от Риги до Иркутска среднеквадратическая ошибка составила $7 \pm 0,6$ м, что соответствует относительной точности от 1:40 000 до 1:100 000. Это, конечно, менее точно, чем определение традиционными на-

земными измерениями, но экономический эффект (затраты времени и средств) оказался поразительным.

В 1970 г. известный советский ученый, геодезист и астроном, И.Д. Жонголович разработал проект определения меридиональной дуги, простирающейся от Шпицбергена до Антарктиды, по одновременным лазерным и фотографическим наблюдениям спутников. Общая длина стягивающей хорды должна была составить примерно 12,4 тыс. км, т.е. почти диаметр Земли, ожидаемая точность определения длины такой хорды 10^{-6} . Никакие другие геодезические методы не могли обеспечить подобной точности на таком большом расстоянии.

Предложенный проект осуществлялся в рамках международных программ “Арктика–Антарктика” и “Большая хорда” в течение 7 лет с участием всех стран, сотрудничающих с Астрономическим советом в области спутниковой геодезии. В процессе работы над осуществлением проекта “Большая хорда” советскими учеными были разработаны оригинальные методы построения и уравнивания спутниковых геодезических сетей для получения максимальной точности.

Метод космической триангуляции открыл широкие возможности для международного сотрудничества, поскольку с его помощью стало возможным решать научные задачи, выходящие за рам-

ки одной страны. Например, связь континентов, имеющих изолированные триангуляционные сети, уточнение координат отдельных островов, рифов, мелей и других пунктов, имеющих важное значение для мореплавания. Метод оказался особо полезным для развивающихся стран с обширными территориями для их картографирования и освоения природных ресурсов.

СОВРЕМЕННЫЕ СЕТИ КОСМИЧЕСКОЙ ГЕОДЕЗИИ

Относительно простой и экономически выгодный метод космической триангуляции – первый и наиболее простой шаг в решении задач высшей геодезии в глобальном масштабе. Однако многолетний опыт организации наблюдений спутников и обработки полученных данных свидетельствует, что информация, которую дают наблюдения ИСЗ, используется не полностью. Вследствие неблагоприятных метеорологических условий, технических неисправностей аппаратуры и других причин количество синхронных фотографических наблюдений обычно составляет всего 10–20% от общего числа наблюдений на станции.

Разработанные к настоящему времени орбитальные методы космической геодезии используют все проведенные наблюдения. Это достигается за счет высокоточного моделирования орбиты спутника на длинных интервалах времени с помо-

щью аналитических и численных теорий движений ИСЗ. Современные алгоритмы предусматривают совместное определение спутниковых орбит и положений пунктов расположения аппаратуры, причем координаты последних определяются с точностью 1–5 см, практически не зависящей от их взаимных расстояний.

Результаты, полученные в области изучения структуры внешнего гравитационного поля Земли и построения высокоточных моделей движения спутника в околоземном пространстве, дали возможность перейти от задач пространственного определения координат наземных пунктов к задачам изучения фигуры и размеров Земли с учетом их изменений во времени. Этот новый раздел наук о Земле получил название **“космическая геодинамика”**.

Перечислим некоторые научные проблемы, в изучение которых космическая геодезия вносит наиболее значительный, уникальный, вклад. Это исследование глобальных и региональных тектонических движений и деформаций, которые являются прямыми индикаторами динамических характеристик земной коры и мантии и которые до сего времени было абсолютно невозможно оценить на коротких временных интервалах. Это контроль за изменениями уровня Мирового океана – важнейшими признаками глобальных изменений климата, геодезический мо-

нитинг которых позволяет отделить действительные геофизические сигналы от случайных колебаний со сравнимыми амплитудами. Это изучение послеледниковой отдачи (понятий земной коры), тесно связанной с проблемой эластичной структуры и конвекции в мантии.

Значительный прогресс достигнут в совершенствовании технических средств наблюдений. В настоящее время в мире создано несколько сетей станций космической геодезии, использующих различную наземную аппаратуру и спутники, но в целом решающих одну и ту же проблему – изучение физики и динамики Земли.

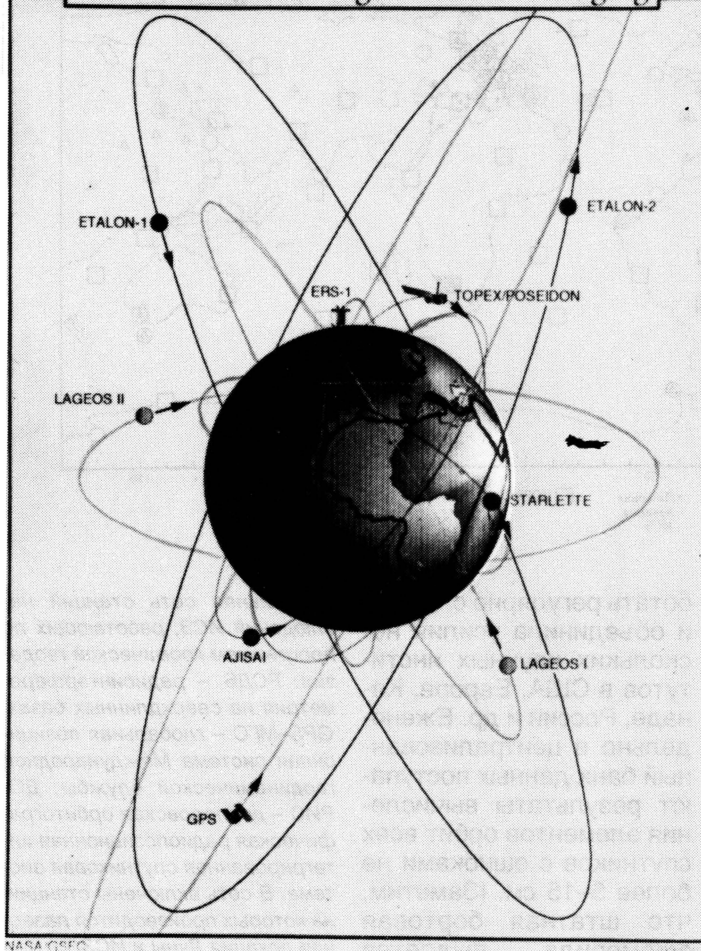
Современная техника космической геодезии может быть разделена на **оптическую** и **радиотехническую**. Принцип **лазерной** локации состоит в измерении времени прохождения короткого лазерного импульса, излучаемого дальномерной установкой, до спутника и обратно (Земля и Вселенная, 1977, № 5). Расстояние до спутника примерно равно половине произведения измеренного запаздывания на скорость света. Лучшие образцы спутниковых дальномеров дают точность в несколько сантиметров в каждом измерении.

Точность радиотехнических методов тоже зависит от учета ионосферной и тропосферной рефракции и может быть улучшена при использовании разночастотных из-

мерений. Наиболее точные системы РСДБ (длиннобазисная радиointерферометрия) позволяют определять длины межконтинентальных базисных линий и их изменения со временем миллиметровой точностью.

Лазерная локация ИСЗ весьма эффективна при построении геоцентрической земной системы координат. В настоящее время наблюдения ведутся по 17 различным спутникам, оснащенным оптико-отражательными системами. Общее количество лазерных станций глобальной сети превышает 50, не считая мобильных инструменты, однако они довольно значительно различаются по точности: от 1–2 см (в единичной дальности) до 7–10 см. Основная глобальная сеть, которая ведет регулярные наблюдения по программе **Международной Службы вращения Земли** (МСВЗ), состоит из 26 станций, из них 20 дают сантиметровую точность в единичном измерении дальности до спутника и несколько миллиметров по нормальным точкам. Данные со всех станций поступают в координационные центры Европы (EDC – Мюнхен), США (CDDIS – Годдардовский центр НАСА), России (Центр управления полетами, г. Королев). Доступ к ним открыт для заинтересованных исследователей. Результаты используют для научного анализа и решения различных прикладных задач во многих институтах и научных центрах.

Current Satellite Targets for Laser Ranging



Доплеровская орбито-графическая радиопозиционная интегрированная спутниковая система (ДОРИС) состоит из равномерно развернутой по земному шару сети транслирующих антенн (более 50) и спутника с приемопередатчиком на борту. Он принимает и транслирует собранную с наземных маяков информацию на контрольную станцию координационного центра. Там происходит накопление, обработка и планирование программ измерений. В настоящее

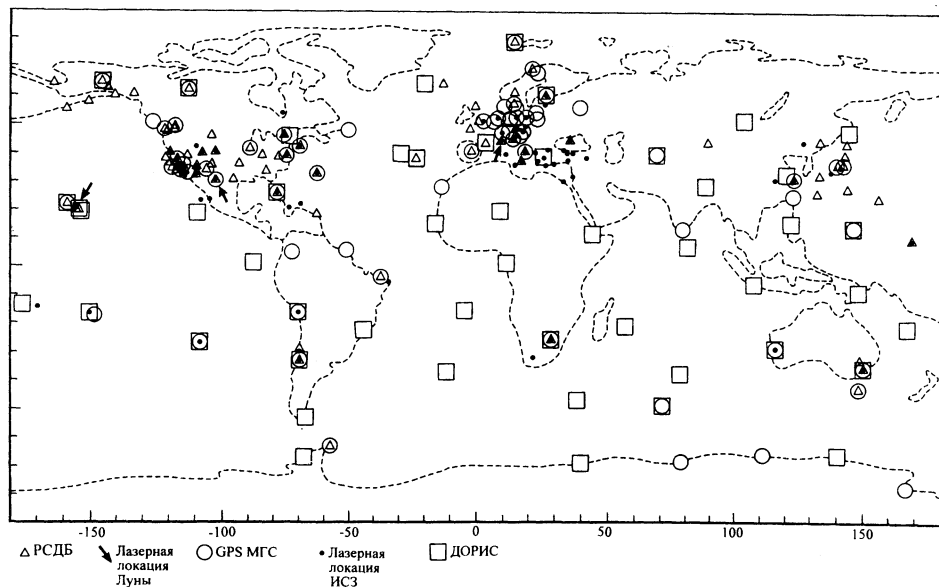
время бортовой сегмент системы ДОРИС установлен на французских спутниках SPOT-2, SPOT-3 и американо-французском океанографическом спутнике ТОПЭКС-Посейдон. Система начала функционировать с 1990 г. На территории России размещены три постоянные антенны в Южно-Сахалинске, Красноярске, Бадарах (недалеко от Иркутска) и временная – на о. Парамушир; постоянная станция работает в Китабе (Узбекистан). По результатам обработки измере-

Орбиты спутников, оснащенных лазерными отражателями. Спутники: Лажеос-1, Лажеос-2, Старлет, Эталон-1, Эталон-2, Топекс-Посейдон, Аджисай, GPS, ERS-1

ний ДОРИС за первые четыре года работы можно с уверенностью заключить, что система обеспечивает точность до 2 см в геоцентрических координатах и 1–2 мс дуги в координатах полюса с разрешением в 1 сутки.

Новая спутниковая микроволновая система PRARE (точный инструмент для измерений дальности и скорости изменений дальности) разработана в ФРГ и впервые была опробована на российском космическом аппарате Метеор-3. В полном рабочем режиме система функционирует с 1995 г. на европейском спутнике ERS-2. Наземная станция-транслятор PRARE полностью автоматизирована; данные измерений через спутник передаются на контрольные мастер-станции в ФРГ, где проводится их контроль и обработка. Основное назначение системы – высокоточное определение орбиты спутника, относительных координат наземных пунктов и деформации земной поверхности вследствие сейсмической активности.

В последнее десятилетие для гражданских и научных целей используются спутниковые навигацион-



ные системы **GPS-НАВ-СТАР** (США) и **ГЛОНАСС** (Россия) (Земля и Вселенная, 1990, № 3). Потенциальные возможности подобных систем еще полностью не раскрыты. Можно ожидать, что при соответствующей доработке область применения этих систем для решения фундаментальных задач геофизики и геодинамики значительно расширится.

Международный Астрономический Союз (МАС) и Международный Союз Геодезии и Геофизики (МГГС) организовали специальную геодинамическую службу **МГС-IGS** для координации работы глобальной сети постоянно действующих станций GPS (глобальная позиционная система) и обработки этих данных с целью оперативного и независимого определения параметров орбит спутников системы GPS. Служба начала ра-

ботать регулярно с 1994 г. и объединила усилия нескольких научных институтов в США, Европе, Канаде, России и др. Ежедневно в централизованный банк данных поступают результаты вычисления элементов орбит всех спутников с ошибками не более 5–15 см. (Заметим, что штатная бортовая эфемериды выдается пользователям системы GPS с точностью 10–20 м.)

НОВЫЕ ЗНАНИЯ О ЗЕМЛЕ

А теперь пора рассказать о том новом, что мы узнали о Земле с помощью всех этих систем. Особенно интересные результаты получены для регионов, где тектонические модели не соответствуют реально действующим современным деформациям земной коры. Главным образом, это границы плит, находящиеся под влиянием сжа-

Глобальная сеть станций наблюдений ИСЗ, работающих по программам космической геодезии: РСДБ – радиоинтерферометрия на сверхдлинных базах; GPS-МГС – глобальная позиционная система Международной геодинамической службы; ДОРИС – доплеровская орбитографическая радиопозиционная интегрированная спутниковая система. В сеть включены станции, на которых производится лазерная локация Луны и ИСЗ

тия и междуплитовых столкновений (Альпийский пояс, Тибет), или же области, подверженные тектоническому растяжению (Африканская рифтовая зона, запад США и др.).

Знаменитый калифорнийский разлом Сан-Андреас, где сосредоточены главные деформации границного пояса Тихоокеанской и Северо-Американской плит, последние 10–15 лет находится под

постоянным контролем геологов и геодезистов. Здесь создана довольно плотная сеть GPS станций. Полученная по этим данным средняя скорость смещений вдоль разлома (около 34 мм/г) значительно ниже предсказанной лучшими геологическими моделями глобальной тектоники (50 мм/г). Поэтому сейчас уделяется особое внимание высокоточным радиоинтерферометрическим измерениям базисов, пересекающих континент с запада на восток. Это должно прояснить влияние интегрированных эффектов деформаций к востоку и к западу от разлома.

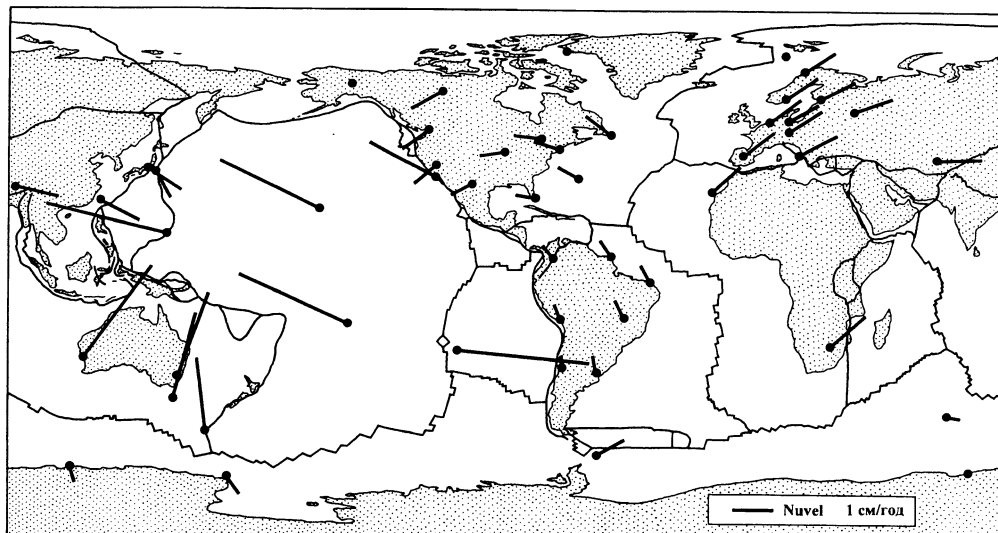
Наибольший уровень сейсмической и вулканической активности в Европе наблюдается в центральном и восточном Средиземноморье. Тектоника этого региона весьма сложная. Она определяется расположением его в поясе взаимодействия Африканской, Аравийской и Евразийской плит. При этом заметные и различные по характеру тектонические процессы происходят на территориях, близко расположенных друг к другу, что создает трудности при моделировании кинематики деформаций.

С 1985 г. в этом регионе ведутся систематические лазерные и GPS наблюдения по программе ВЕГЕНЕР для выявления общей тенденции современных тектонических движений. Полученные данные дали возможность построить кинематическую геодезическую

модель, которая, как и геологическая, содержит явно выраженную тенденцию растяжения в Эгейской зоне. Однако, если геологическая модель показывает плавное уменьшение напряженности в южном направлении, то геодезические спутниковые измерения обнаруживают отчетливый максимум напряжений вдоль Элленийского разлома. Измеренные скорости движений лазерных станций подтверждают сжатие вдоль зоны субдукции литосферных плит. Согласно геодезической модели, в Анатолийском регионе деформации концентрируются вблизи Северо-Анатолийского разлома, а не распределяются равномерно на всей территории. Характер деформаций в бассейне Черного моря также несколько отличается от существующей модели, хотя геодезических измерений в этом регионе еще недостаточно. Первый геодезический траверс из 8 контрольных пунктов GPS измерений вдоль северо-восточного берега Черного моря проложен в 1994 г. совместной экспедицией российских, украинских и немецких специалистов в рамках международного проекта SELF (флуктуации уровня моря). Работы по нему продолжены до 1998 г.

В Институте астрономии и Географическом институте РАН разработана концепция международного проекта "Каспий-Геодинамика", состоящая в получении и накопле-

нии данных о современных горизонтальных и вертикальных тектонических движениях в районе Каспийского моря и прилегающих территориях Кавказа и Средней Азии. Его цели – изучение механизма, приводящего к резким изменениям уровня Каспийского моря, изменению объема водной массы, и разделение эффектов, вызываемых гидро-климатическими и антропогенными факторами. Каспий – сложная природная геосистема, геодинамика которой находится под влиянием активной современной тектоники Альпийского орогенного пояса в зоне взаимодействия Кавказского горного массива и Копетдага. Тектогенная составляющая остается "белым пятном" в каспиеведении из-за недостатка информации о горизонтальных и вертикальных движениях земной коры. Есть основания предполагать, что горизонтальные движения являются существенным фактором в феномене вариаций уровня Каспия. Чередование фаз колебаний уровня согласуется с периодами изменений различных компонент современной геодинамики, таких как сейсмичность, грязевой вулканизм, интенсивность нефтяных и газовых извержений. Активные тектонические деформации Арало-Каспийского региона могут быть причиной значительных перераспределений подземного стока, подпитывающего Каспий и, возможно, влияющего на его уровень.



Памиро-Тяньшанский регион, составляющий часть Альпо-Гималайского орогенного пояса, представляет особый интерес как зона активного горообразования, начавшегося 40–50 млн. лет назад и до сих пор проявляющегося повышенной сейсмичностью и тектонической активностью. По оценкам, полученным на локальных геодинамических полигонах, скорости горизонтальных и вертикальных движений земной коры достигают 10 мм/год и более. Тектоника этого региона определяется близостью с зоной соприкосновения Индийской и Евразийской литосферных плит, а также трансформационными процессами, истечением и перераспределением материи нижних слоев коры и верхней мантии. Для данной территории, по видимому, характерны надвиги блоков земной коры в широтном направ-

лении и наклонное скольжение вдоль разломов на фоне общей тенденции сжатия в северном направлении. Они определяют поле деформаций, которое нуждается в постоянном уточнении и контроле.

Наиболее эффективным и современным методом такого контроля должна стать сеть пунктов GPS измерений со сторонами 50–300 км, покрывающая весь регион от Памира до северной границы Казахской платформы и Байкальской рифтовой зоны. Первые измерения такой сети из 40 пунктов были выполнены в 1992 г. объединенной экспедицией российских, узбекских, киргизских и казахских специалистов при участии экспертов Геоисследовательского центра в Потсдаме (ФРГ). Точность измерения длин базисов составила 3–7 мм или 10^{-8} . К настоящему времени в

Скорости движения станций глобальной сети, вычисленные по результатам GPS-наблюдений. У большинства точек имеется небольшое различие (по скорости и направлению) между GPS-данными и теоретической моделью

этом регионе заложены две перекрывающиеся по ряду пунктов контрольные сети: сеть GFZ–Потсдам и сеть проекта MOST (совместно с учеными из США), насчитывающие в общей сложности около 150 пунктов.

Территория России, занимающей большую часть Евразийской плиты, характерна значительными внутриплитовыми деформациями. Вдоль ее южной границы расположены фрагменты более мелких плит: Анатолийской, Малого Кавказа, Ирана, Индийской и др. С востока к ней прилегают Тихоокеанская и Северо-Амери-

канская плиты. В зонах соприкосновения плит наблюдается повышенная сейсмическая активность и значительные современные движения земной коры. Для изучения всей этой сложной структуры предложено создать на территории России и соседних государств опорную сеть GPS пунктов из трех уровней. Сеть первого уровня из 8–12 постоянных пунктов должна располагаться вдоль 54° – 56° параллели (главный профиль) и вдоль трех меридианов на равном удалении. Эти пункты целесообразно совместить со станциями государственной геодезической сети и Международной геодинамической службы. Сети низшего уровня должны разбиваться последовательно в регионах, наиболее интересных с точки зрения современной геотектоники.

В ближайшее десятилетие точность позиционных относительных измерений (длин базисов) может быть доведена до 1 мм на временных интервалах от 1 дня до десятилетий. Эти данные составят основу для изучения квазивековых изменений, являющихся следствием послеледниковой поднятия коры, таяния ледников и других долгопериодических процессов, а также резких смещений земной коры вследствие одиночных катастрофических явлений.

Скорости движения 23 стационарных обсерваторий глобальной сети лазерных и РСДБ наблюдений, расположенных на шести плитах в достаточном удалении от их границ, хорошо согласуются с уточненной по спутниковым данным геологической моделью NUVEL-1A. Этот факт может служить подтверждением равномерности движения плит во времени (по крайней мере в современную геологическую эпоху), поскольку результаты измерений спутниковыми методами за 14 лет совпадают с осредненными по геологическим данным за 3 млн лет. Геофизическая интерпретация полученных данных подтверждает, что именно субдукция (погружение) Филиппинской и Тихоокеанской плит под Евразийскую плиту создает силовой механизм, вызывающий усиленную сейсмическую активность и вулканические процессы в этом регионе.

Уже полученная информация об изменениях орбит ИСЗ привела к значительному прогрессу в геодинамических исследованиях, особенно в области изучения короткопериодических процессов. К примеру, параметры вращения Земли и движение полюсов регулярно (с разрешением 1 сутки) определяются и публикуются Международной Службой вращения Земли по данным на-

блюдений глобальной сети станций. Точность определений составляет 0,03 мс во времени (UT 1) и 1–3 см в координатах полюса. Периодические поправки в стандартную модель нутации известны с ошибками не более 0,001'. Это позволяет обнаружить сигналы и изучать периодичность геодинамических процессов с малыми амплитудами, которые невозможно обнаружить традиционными средствами и наблюдениями. В первую очередь это относится к изучению короткопериодических вариаций в движении полюсов, связанных с изменениями атмосферного давления; установлению взаимосвязи сезонных колебаний продолжительности суток и перемещений атмосферных масс и т.п.

Дальнейшее повышение точности определений вектора вращения Земли даст возможность более детально изучить закономерности и периодичности приливных воздействий на Землю Солнца, Луны и планет; резонансные эффекты во вращении Земли вследствие неоднородности ядра; аperiodические вариации угловой скорости, возникающие как реакция Земли на сильные землетрясения, цунами и ураганы, и ряд других эффектов. Это дело ближайшего будущего.

Комета или астероид

Как определить, к какому типу небесных объектов принадлежит одно из малых тел Солнечной системы? Комета это или астероид?

До недавних пор проблем не было. Если объект располагает хвостом или хотя бы диффузной оболочкой, – это комета, состоящая из льда с вкраплениями пыли. В противном случае – это астероид.

Ситуация изменилась, когда были открыты “промежуточные” объекты, сочетающие в себе типичные свойства обеих категорий. К ним относится объект P/1966 N2, найденный в прошлом году на Европейской Южной обсерватории в Ла Силья (ЕЮО), который имеет кометный хвост, но движется по типичной астероидной орбите. Примерно в то же время американские ученые открыли другой объект (1996 PW), движущийся по очень вытянутой орбите обычного для комет вида, но совершенно лишенный хвоста.

Недавно на ЕЮО был открыт еще один объект, который вначале отнесли к промежуточному типу. Только после кропотливых исследований астрономы пришли к выводу, что его следует считать кометой. Поэтому он получил предварительное кометное обозначение P/1997 T3. История его открытия такова.

Некоторое время назад сотрудник обсерватории Упсала (Швеция) Клаэс-Ингвар Лагерквист в сотрудничестве с несколькими немецкими астрономами начал программу изучения распределения астероидов вблизи Юпитера. На метровом телескопе системы Шмидта Европейской Южной обсерватории сфотографировали участок неба площадью около 900 кв. градусов в направлении на точку неба, вокруг которой группируются астероиды группы “троянцев”. При проверке сентябрьских снимков Лагерквист нашел около 400 троянцев, в большинстве неизвестных ранее. После вычисления их точных положений на 0,6-метровом телескопе ЕЮО проводились дальнейшие наблюдения для уточнения координат и блеска.

На пластинке телескопа Шмидта от 1 октября 1997 г. был обнаружен новый объект, по внешнему

виду типичный астероид. Однако вскоре было получено семь изображений этого объекта на 0,6-метровом телескопе с помощью ПЗС-матрицы в три последовательные ночи наблюдений. На этих изображениях четко просматривался хвост, различимый на протяжении около 15”. После этого объект посчитали заслуживающим исследования на 3,5-м телескопе новых технологий (NTT) ЕЮО. На его снимках виден узкий хвост длиной до 90”, направленный в сторону Солнца. Вид хвоста и его ориентация свидетельствуют о пылевой природе. Анализ изображений показал также присутствие слабой комы, сильно конденсирующейся к ядру и состоящей из более крупных пылевых частиц. При этом обычный для большинства комет хвост, направленный от Солнца, отсутствует.

Итак, объект P/1997 T3 больше похож на комету. Орбита его тоже оказалась обычной для комет: умеренно вытянутая (эксцентриситет 0,36), со средним расстоянием от Солнца – 6,67 а.е. Расстояние в перигелии – 4,25 а.е. Период обращения – около 17 лет.

По материалам ESO Press Release,
№ 11/97

Увидеть прошлое Вселенной

В Университете штата Колорадо в Боулдере (США) ведется разработка принципиально нового ультрафиолетового прибора “COS” (спектрометр для изучения происхождения Вселенной), который в 2002 г. предстоит астрономам установить на Космическом телескопе им. Хаббла. Его чувст-

вительность в 20 раз выше, чем у аналогичного инструмента, находящегося на борту спутника-обсерватории с февраля 1997 г.

При помощи “COS” ученые смогут наблюдать границы Вселенной, удаленной на 10 млрд световых лет от нас. Тем самым, как утверждает руководитель проекта Джеймс Грин, можно будет “заглянуть” в ту эпоху, когда еще шел процесс образования галактик, изучать динамику их возникнове-

ния из первичных шарообразных скоплений. Ученые также надеются, что им удастся зафиксировать ультрафиолетовое излучение, которое выделяли высокотемпературные ионы гелия, захватывая первые в их “жизни” электроны. Если эти надежды сбудутся, мы сможем лучше представлять себе истоки эволюции Вселенной.

New Scientist, 1997, 155, 2096

Сверхновые на космологических расстояниях

М.Л. БЕЛОУС
Институт астрономии РАН

Современная техника позволяет уверенно фиксировать вспышки сверхновых звезд на расстояниях до 5 млрд св. лет. Систематические наблюдения позволили оценить частоту вспышек сверхновых в 1,5 млн в год в диапазо-



не звездных величин 21–22^м. Эти данные позволили оценить плотность барионного вещества во Вселенной и долю звезд первого поколения в галактиках, а также получить ценную информацию для космологии.

СВЕРХНОВЫЕ ЗВЕЗДЫ И МЕТОДЫ ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сверхновые звезды — очень мощные источники излучения, их светимость сравнима со светимостью целой галактики (Земля и Вселенная, 1981, № 4). Абсолютная звездная величина сверхновой в максимуме блеска может достигать -22^m . В то же время, в отличие от галактик, характеристики сверхновых достаточно стабильны, т.е. вспышки сверхновых

одного и того же типа в различных галактиках во многом схожи. Это позволяет использовать их в качестве стандарта светимости при исследовании Вселенной на больших (космологических) масштабах. Численной характеристикой такого масштаба служит то расстояние, которое свет проходит за время жизни Вселенной, то есть величина порядка 10^{28} см.

Возможность использования удаленных

сверхновых для исследования Вселенной была показана около двадцати лет назад, но только в настоящее время развилась наблюдательная техника, позволившая обнаруживать их в больших количествах. Две группы исследователей, которые активно осуществляют такой поиск (под руководством С. Перлмуттера и Б. Шмидта), получили впечатляющие результаты. Достаточно сказать, что с начала 1997 г. до се-

редины мая ими открыто около 70 таких объектов.

Если звезда достаточно массивна, она может завершить свою эволюцию взрывом колоссальной мощности. Исторически сложилось, что наблюдаемые при этом явления получили образное название — вспышка сверхновой звезды. При этом возможны два варианта механизма энерговыделения: **термоядерный взрыв** белого карлика или катастрофическое схлопывание ядра звезды под действием собственного тяготения (**гравитационный коллапс**). Оптические явления, связанные с первым механизмом, классифицируют как сверхновые типа Ia (**SN Ia**), со вторым — как сверхновые типов II или Ib, в зависимости от того, окружена коллапсирующая звезда массивной водородной оболочкой или нет.

Тип Ia интересен тем, что термоядерный взрыв белого карлика возможен лишь, когда масса звезды превысит некоторую определенную критическую величину, называемую **чандрасекаровской**. Поэтому взрывы таких сверхновых похожи один на другой; они практически стандартны по своим характеристикам. Кривые блеска сверхновых типа Ia практически одинаковы. Они имеют максимум, наступающий через 15–20 дней после взрыва, и достаточно плавное падение. Абсолютная звездная величина в максимуме блеска -19^m .

У сверхновых звезд типов Ib и II кривые блеска очень разнообразны, хотя выделяемая при их взрывах энергия почти одинакова (10^{51} эрг). Это связано с различиями в массах и радиусах водородных оболочек взрывающихся звезд.

Легко сделать вывод, что именно сверхновые типа Ia представляют для космологии наибольший интерес, поскольку легко опознаются по кривой блеска и характеризуются стандартной светимостью.

Поток излучения от небесного объекта обратно пропорционален квадрату расстояния до него, что позволяет, сравнивая известную его светимость и наблюдаемый блеск, получить длину пути, пройденного светом до наблюдателя. Известно, что наша Вселенная расширяется, причем скорость удаления галактик от Земли прямо пропорциональна расстоянию до них (закон Хаббла). Поэтому за меру расстояния во Вселенной удобно принять величину доплеровского красного смещения спектральных линий, то есть отношение разницы наблюдаемой и лабораторной длин волн одной и той же линии к ее лабораторной длине. Эта величина называется параметром красного смещения z . К примеру, $z = 0,5$ соответствует расстоянию, которое свет проходит за время (около 5×10^9 лет), равное почти половине возраста Вселенной.

Большие расстояния до рассматриваемых

сверхновых затрудняют их наблюдения. Общая схема поиска такова: небо патрулируется большими телескопами, снабженными ПЗС-приемниками, с интервалом в лунный месяц, после чего полученные изображения сравниваются. Если в удаленной галактике вспыхивает сверхновая, то при благоприятных условиях она будет обнаружена, зачастую даже до наступления максимума блеска. После этого сверхновая наблюдается более пристально: определяются ее блеск на различных длинах волн, тип и, по возможности, спектр. Вид спектров удаленных сверхновых и тех, которые вспыхивают в ближних окрестностях нашей Галактики, как оказалось, хорошо совпадает.

Чтобы удаленную сверхновую, принадлежащую к типу Ia, использовать в качестве стандартного источника, прежде всего необходимо иметь точную привязку нуль-пункта **хаббловской диаграммы** (красное смещение — абсолютная звездная величина). График строится по наблюдениям сверхновых, вспыхивающих в близких галактиках, расстояния до которых уверенно определены другими методами.

Нужна такая выборка сверхновых, которая дала бы значение абсолютной величины в максимуме с насколько меньшей погрешностью. Это требование удовлетворяется доста-

точно легко, хотя и имеются некоторые трудности. Близкие SNe Ia открываются, как правило, на фотопластинках или непосредственно глазом, т.е. при помощи нелинейных приемников излучения. При этом гораздо легче обнаружить яркий объект на краю галактики и вдали от спиральных рукавов, так как здесь превышение светимости вспышки над светимостью фона больше, чем вблизи центра. Сверхновые, которые вспыхивают в далеких от нас галактиках, обнаруживаются посредством линейного приемника излучения — ПЗС-матрицы, т.е. с одинаковым успехом в любом районе галактики. Тем самым высокий уровень однородности выборки, который для близких сверхновых обеспечивается автоматически, для совместной выборки из близких и удаленных оказывается неочевидным.

После проведения наблюдений необходимо выполнить стандартную процедуру редукции, вычест из полученного сигнала уровень фона. Для этого галактика, в которой вспыхнула данная сверхновая, наблюдается через большой интервал времени после вспышки (как правило, через год). Ошибка редукции в этом случае оценивается приблизительно в 10% и обусловлена в основном флуктуациями фона неб. И, наконец, собственно учет красного смещения, который производится по сдвигу полученной кривой блеска сверхно-

вой относительно реперной кривой, определенной по близким сверхновым.

Некоторые эффекты могут повлиять на точность метода. Во-первых, поглощение света межзвездной пылью в той галактике, где наблюдается сверхновая (в родительской галактике). Видимый блеск звезды оказывается из-за этого заниженным. Для правильного учета поглощения используются результаты наблюдений сверхновой на различных длинах волн. Дело в том, что более короткие волны ослабляются при прохождении через пылевые облака гораздо сильнее, чем длинные (красный конец спектра). Вследствие этого эффекта звезда “краснеет”. Это дает возможность рассчитать поправку за поглощение света на основе сведений о том, каким должен быть ее стандартный показатель цвета (разница блеска в лучах различной длины волны). Сильно покрасневшие звезды лучше не включать в выборку.

Во-вторых, неопределенность доли пекулярных звезд в выборке удаленных сверхновых, то есть звезд, сильно отличающихся по своим параметрам от близких звезд реперной группы (выше уже говорилось о том, что однородность реперной группы уверенно обеспечивается, а для сверхновых в далеких галактиках такой уверенности нет).

И последнее, эффект селекции по яркости: на больших расстояниях фи-

ксируются, естественно, наиболее яркие сверхновые, а в ближней окрестности — как яркие, так и более слабые. Вообще говоря, неочевидно, что исследуемые характеристики для этих групп объектов будут совпадать.

Тем не менее с некоторой точностью получается важная для определения космологических параметров Вселенной величина — частота вспышек сверхновых. Так, одной из групп исследователей под руководством Р. Пайна было получено, что по всей небесной сфере в интервале звездных величин $21,3^m$ – $22,3^m$ за год вспыхивает около полутора миллионов сверхновых. Если это сверхновая типа Ia, то расстояние до нее составит 4–6 млрд св. лет, т.е. то самое расстояние, которое мы недавно приводили здесь в качестве примера ($z = 0,5$). Конечно, сверхновая типа II того же блеска может оказаться и на большем расстоянии, но неизвестно на каком именно.

Наблюдательные данные об удаленных (называемых еще иногда космологическими) сверхновых можно использовать для выявления зависимости между их числом и наблюдаемой звездной величиной. Такие исследования дают информацию о плотности барionного вещества, сосредоточенного в звездах, и об истории звездообразования во Вселенной.

Кроме того, возможно распространение Хаббловской диаграммы

(красное смещение – расстояние) на столь удаленные расстояния, что другие методы определения расстояний работают там менее надежно. Это позволяет более точно определить некоторые космологические параметры Вселенной и, в первую очередь, уточнить значение постоянной Хаббла.

ПАРАМЕТРЫ ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ

В докладе Х.Е. Йоргенсена, В.М. Липунова и др., представленном на 13 Московском объединенном астрофизическом семинаре, строится теоретическая модель для определения частоты вспышек сверхновых во Вселенной. В основе модели лежат следующие предположения о процессах звездообразования в галактиках:

- сверхновые типа Ia, т.е. именно те, изучение которых дает наиболее ценную для космологии информацию, образуются вследствие слияния двух белых карликов – компонентов тесной двойной системы. (Случай, когда превышение предельной массы достигается постепенной аккрецией вещества на белый карлик, считается редким и не влияющим существенно на результаты);

- первое поколение звезд в галактиках образуется очень быстро (в течение ~ 500 млн. лет), начиная с некоторого момента, соответствующего красному смещению $z = 5$.

Доля звезд первого поколения в галактиках ϵ и

само значение z являются параметрами модели. Калибровочным параметром выступает относительная плотность барионов, содержащихся в звездах: $\Omega_* = \rho_*/\rho_{cr}$, где ρ_{cr} – критическая плотность вещества во Вселенной.

Для моделирования звездной эволюции авторами использовалась программа The Scenario Machine, разработанная в первом варианте В.Г. Корниловым и В.М. Липуновым и учитывающая развитие как одиночных звезд, так и двойных систем.

Источниками появления сверхновых при расчетах принимались:

- слияние углеродно-кислородных белых карликов, суммарная масса которых превышает предел Чандрассекара, и аккреционно индуцированный коллапс белого карлика с массой больше чандрассекаровской – для SN Ia;

- коллапс оболочки звезды с массой > 10 масс Солнца (одиночной или состоящей в двойной системе с большой полуосью > 200 а.е.) – для SN II;

- для SN Ib – то же, что для SN II в двойной системе, но при величине большей полуоси < 200 а.е.

На результат моделирования, как подчеркивают сами авторы, могут отрицательно повлиять три фактора:

- недостаточная разработанность теории звездной эволюции;

- несовершенство наших знаний о составе населения галактик;

- недостаток информации об истории звездооб-

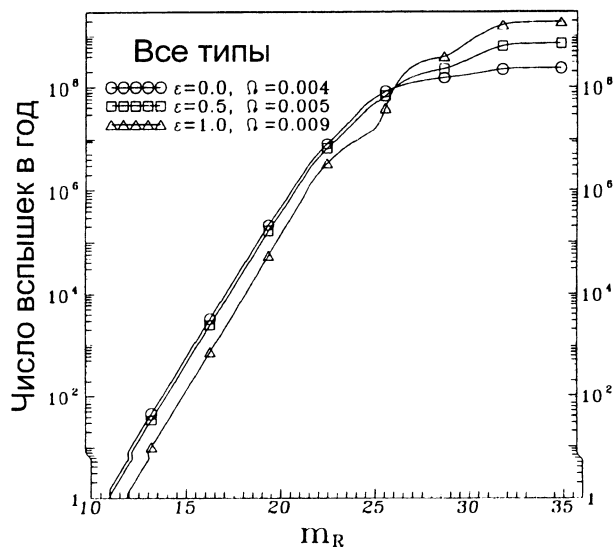
разования в галактиках.

Если первый источник неопределенностей будет постепенно уменьшать свое значение с накоплением наблюдательных данных и развитием теории, то другие два достаточно сильно влияют на результат. Тем не менее это влияние может быть параметризовано всего лишь двумя величинами: Ω_* – плотностью барионов, содержащихся в звездах, и ϵ – долей массы в “эллиптических” галактиках.

Параметр Ω_* учитывает практически все барионное вещество, даже современные коричневые карлики. Не входит в рассмотрение только газ, – но его, даже с учетом межгалактического, не может быть существенно больше по массе, чем звезд. Результаты моделирования дают значения $0,002 < \Omega_* < 0,01$.

Величина ϵ задает долю излучающего барионного вещества, сосредоточенную в “эллиптических” галактиках, и несет информацию об истории звездообразования во Вселенной. (Под “эллиптическими” в данной модели подразумеваются такие галактики, звездообразование в которых было задано в начальный момент моделирования и не происходило в дальнейшем.) Таким образом, ϵ может рассматриваться как доля массы первого поколения звезд в исходных галактиках.

Разумные значения параметра ϵ (в том числе и определяемые по гамма-



Сводная кривая "логарифм частоты вспышек – звездная величина" для всех типов сверхновых в различных моделях, построенных с помощью программы Scenario Vachine. Приведенные кривые для трех значений параметра ϵ . $\epsilon = 0$ и $\epsilon = 1$ – случаи "чисто эллиптической" и "чисто спиральной" галактики. Рисунок из статьи H.E. Jorgensen et al., accepted by ApJ, 1997

предсказаниями модели.

Величина Ω попадает в интервал 0,0041–0,0097, т.е. внутри вычисленного теоретически интервала (используется значение 0,0057).

Интересно то, что единственная пока точка, полученная по наблюдениям, приходится на диаграмме $\lg N - m$ в точности на узел, в котором пересекаются модели с различными значениями ϵ . Это означает, что на основе имеющейся сейчас информации нельзя сделать точно обоснованного заключения о характере эволюции в галактиках. Необходимо дальнейшее накопление наблюдательных данных, в частности, нужно определить частоту вспышек сверхновых в диапазоне $23^m - 24^m$.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРА ПЛОТНОСТИ

Еще одно приложение исследований удаленных сверхновых – определение такой величины, как космологический параметр плотности Ω_λ . Эта величина входит в уравнения, описывающие эволюцию Вселенной, наряду

всплескам) лежат в пределах от 0,3 до 0,7.

Следующий шаг – сравнение результатов моделирования с наблюдениями. Для исследования пространственного распределения различных астрономических объектов применяется тест – $\lg N - \lg S$, где N – число объектов с потоком, большим S . В однородно заполненном объектами пространстве такое соотношение принимает вид $N \sim S^{-3/2}$, поскольку $N \sim r^3$, а $S \sim r^{-2}$.

Если наклон кривой больше, чем 3/2, значит, в окрестности наблюдателя имеется дефицит рассматриваемых объектов, если же наклон меньше – значит, объекты концентрируются к наблюдателю. При применении этого теста к исследованию сверхновых удобно вместо $\lg S$ использовать звездную величину m .

На наблюдаемый вид распределения $\lg N - m$ окажут влияние как кос-

мологические релятивистские эффекты, так и собственная эволюция числа источников. Поэтому $m(z)$ и $N(z)$ следует вычислять, учитывая обе группы эффектов, что и было сделано авторами. Поглощение в нашей Галактике и в материнских галактиках игнорировалось.

Полученные данные моделирования показывают, что доля регистрируемых удаленных сверхновых среди всех вспыхивающих звезд очень невелика и не превышает 1% уже для звездных величин $12^m - 16^m$. Здесь, безусловно, проявляется эффект селекции наблюдательных данных. Более корректная наблюдательная оценка, сделанная группой Пайна, а именно 34,4 сверхновых в год на квадратный градус в диапазоне звездных величин $21,3^m - 22,3^m$, после соответствующей редукции за эффективность опделения совпала с

ду с относительной плотностью материи Ω_0 (сумма уже известной нам Ω_* и “небарионной” части скрытой массы). Ω_λ характеризует вклад космологических эффектов в наблюдаемое значение средней плотности Вселенной.

Предпочтительным классом космологических моделей для нашей Вселенной остаются модели однородного изотропного мира с нулевым давлением. Для плоского мира сумма плотности материи Ω_0 и плотности Ω_λ , соответствующей космологической постоянной, равна единице, то есть тому значению плотности, которое разделяет модели замкнутой и бесконечно расширяющейся Вселенной. Наблюдаемый поток излучения от удаленных объектов в этой модели не зависит от значения постоянной Хаббла. На этом факте основан классический тест “звездная величина – параметр z ”, приложение которого к имеющимся на настоящий момент наблюдательным данным рассмотрено в работе доктора физико-математических наук Н.Н. Чугая (Институт астрономии РАН), также представленной на 13-м Московском объединенном астрофизическом семинаре.

Тест проводился на основе данных о космологических сверхновых типа Ia. Полагалось, что все такие сверхновые имеют стандартный спектр и абсолютную величину в максимуме блеска. Для каждой рассматриваемой

сверхновой вычислялся световой поток, который затем сравнивался с наблюдаемым. Определялась поправка, показывающая на сколько ослабляется свет удаленной сверхновой вследствие космологических эффектов. Полученные данные сравнения расчетной и наблюдаемой фотометрии сверхновых звезд в далеких галактиках позволили сделать оценку параметра плотности вещества – $\Omega_0 = 0,49$ со среднеквадратичной ошибкой 0,18. Тем самым, для плоского мира (т.е. для мира со средней плотностью, равной критической) $\Omega_\lambda = 0,51$ с той же погрешностью ($\Omega_\lambda + \Omega_0 = 1$).

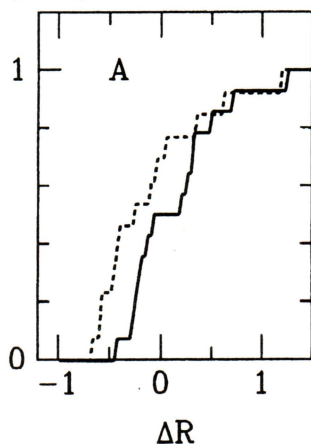
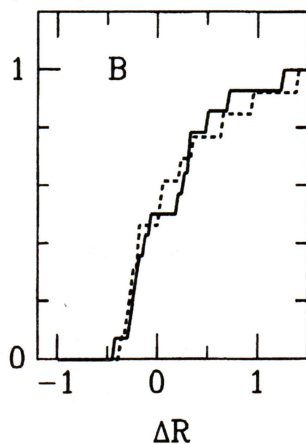
Однако такая оценка Ω_0 явно занижена, поскольку при редукции наблюдательных данных не было учтено поглощение в родительских галактиках. Впрочем около половины SNe Ia не испытывают заметного поглощения. Это связано, во-первых, с тем, что около трети таких сверхновых вспыхивают в эллиптических и S0-галактиках, не дающих заметного поглощения; а во-вторых, с тем, что в спиральных галактиках с пылью SNe Ia слабо связаны с рукавами и в большей части вариантов ориентации также испытывают слабое поглощение. Таким образом, половина выборки должна воспроизводить истинное распределение сверхновых типа Ia по абсолютным величинам, а половина – показывать смещение в сторону уменьше-

ния звездной величины. Следовательно, “яркая граница” распределения в любом случае окажется несмещенной. Такой же результат можно получить, моделируя распределение сверхновых и поглощающего вещества в галактиках с помощью метода Монте-Карло.

Описанный тест, приложенный к результатам обработки наблюдений космологических сверхновых, показывает следующее. Модель с $\Omega_0 = 0,49$ предсказывает большее, по сравнению со стандартным распределением, число ярких сверхновых. Это как раз связано с тем, что в удаленных галактиках мы видим, как правило, именно яркие сверхновые. Совершенно иная картина в случае $\Omega_0 = 1$ – инвариантность яркой границы здесь сохраняется. Можно указать, таким образом, на большую предпочтительность модели $\Omega_0 = 1$ по сравнению с $\Omega_0 = 0,49$.

Более однородную выборку и, соответственно, более, определенный результат можно получить, если использовать для проведения оценок только те удаленные SNe Ia, которые вспыхивают в эллиптических галактиках. Выборка станет более однородной и неотягощенной поглощением в родительских галактиках.

Можно с уверенностью сказать, что набирающее сейчас силу пристальное изучение удаленных сверхновых приведет к серьезному продвижению в определении космо-

$F(<\Delta R)$  $F(<\Delta R)$ 

гических параметров Вселенной. Сверхновые типа Ia наиболее предпочтительны для этого, поскольку, если выборка сделана достаточно аккуратно, показывают хорошее постоянство своей абсолютной величины в максимуме блеска.

Первые результаты программы наблюдений космологических сверх-

новых позволяют оценить частоту их вспышек примерно в 1,5 млн в год по всей небесной сфере в интервале звездных величин около 21^m–22^m (исследование Пайна с коллегами). На основании этих данных группой ученых во главе с профессором В.М. Липуновым (ГАИШ) построена модель эволюции сверхновых во

Функция распределения отклонений от среднего для стандартной выборки 20 сверхновых типа Ia, исправленная за поглощение в родительских галактиках, (сплошная линия) и функция распределения отклонений звездных величин 13 космологических сверхновых Ia (пунктир) от модели $\Omega = 0,49$ (слева) и $\Omega = 1$ (справа). Критерию инвариантности яркой границы удовлетворяет модель $\Omega = 1$

Вселенной и сделаны оценки параметра Ω , — плотности сосредоточенного в звездах барионного вещества и ϵ — доли звезд первого поколения в галактиках. Анализ, проведенный Н.Н. Чугаев, позволяет заключить, что в модели плоской Вселенной космологический параметр плотности Ω_λ , скорее всего, равен нулю, и эволюция определяется только лишь веществом.

Информация

Странности Каллисто

С тех пор, как межпланетная станция “Вояджер” получила изображения Каллисто, внешнего из четырех галилеевых спутников Юпитера, прошло 18 лет. Все эти годы ученые были убеждены, что ледяная поверхность этого небесного тела покрыта многочисленными, перекрывающими друг друга кратерами самых разнообразных размеров. В 1997 г., с борта

другого космического зонда, “Галилео”, поступила новая серия снимков. Разрешение на этот раз гораздо лучше, на снимках различимы мелкие детали. Крупных кратеров действительно много, а вот небольших, диаметром от 100 м и меньше, почти нет.

Этот неожиданный факт был сообщен на конференции по Луне и планетам, состоявшейся в марте 1997 г. в Хьюстоне (США). Считается, что Каллисто, подобно Луне, не проявляет внутренней активности уже более 3 млрд лет. Вулканические и сейсмические процессы, способные затян timer небесные раны, там не происходят. Поэтому остается необъясненным, почему

исчезают малые кратеры, причем за срок примерно в десятки миллионов лет.

Другая странность. Крупные обломки породы иной раз, судя по оставленным следам, смещаются со своего места на несколько километров, по пути перекрывая и выравнивая участки пересеченного рельефа. Они способны не только скатываться по склонам, но и преодолевать значительный путь по равнине. Ни жидкой воды, ни атмосферы, которые могли способствовать таким странствиям, на Каллисто нет.

Science News, 1997, 151, 13, 194

Изменение географических широт и движение полюса Земли (факты, оставшиеся необсужденными)

Ю.Н. АВСЮК,
член-корреспондент РАН
Объединенный институт физики Земли РАН

Используемая в научном обиходе модель свободной нутации оси вращения Земли не объясняет наблюдаемые закономерности в изменениях широт. Но



возможно другое объяснение с учетом аккурратного описания орбитального движения Земли и наших знаний о ее внутреннем строении.

ИЗМЕНЕНИЕ ШИРОТ – ПРИРОДНЫЙ ФЕНОМЕН

Ось вращения, а следовательно, и географический полюс, не остаются неизменно зафиксированными на поверхности Земли. Первым к такому заключению пришел астроном Берлинской обсерватории Ф. Кюстнер в 1884 году. Астрономы

стали изучать этот процесс. В 1891 г. на основании материалов определений географических широт обсерваторий по осредненным месячным значениям американский астроном **С. Чандлер** установил, что их флуктуации аппроксимируются в виде периодической кривой, составленной из двух гармоник, одна из

которых имеет периодичность в **365 сут** (год), а другая – в **410-440 сут**. Полюс описывает на поверхности Земли некоторый **овал** с отклонением от среднего положения, достигающим в отдельные годы значений более 10 м, а в другие – не превышающим метра. Изменение амплитуды отклонения полюса не носит

хаотического характера, оно происходит циклически **с периодом 6-7 лет**.

Поскольку географическая широта — это угол, определяемый направлениями оси вращения и отвесной линии в месте наблюдения, то флуктуации значения широты содержат две составляющие: **локальную** (из-за изменения положения отвесной линии) и **глобальную**, связанную с перемещением оси вращения в теле Земли. Первичной информацией об этом процессе располагают астрономы, которые ведут непрерывные наблюдения за изменениями широт сети обсерваторий на протяжении всего XX в. Постепенно увеличивая точность наблюдений, привлекая к программам широтных исследований новейшую технику (спутниковую астрономию и длиннобазисную интерферометрию), астрономы обнаруживают дополнительные детали. Например, выявлена **двухнедельная вариация**; общее для всех обсерваторий северного полушария изменение широты (“Z-член”); длиннопериодные, порядка 30 лет, флуктуации. Однако открытие двух основных гармоник не подвергается ревизии, и цикличность 410-440 сут носит заслуженно имя С. Чандлера. Для геофизиков изменение широт — **природный феномен**, требующий объяснения в рамках современной изученности внутреннего строения Земли.

В юбилейной статье, опубликованной в “Serveys

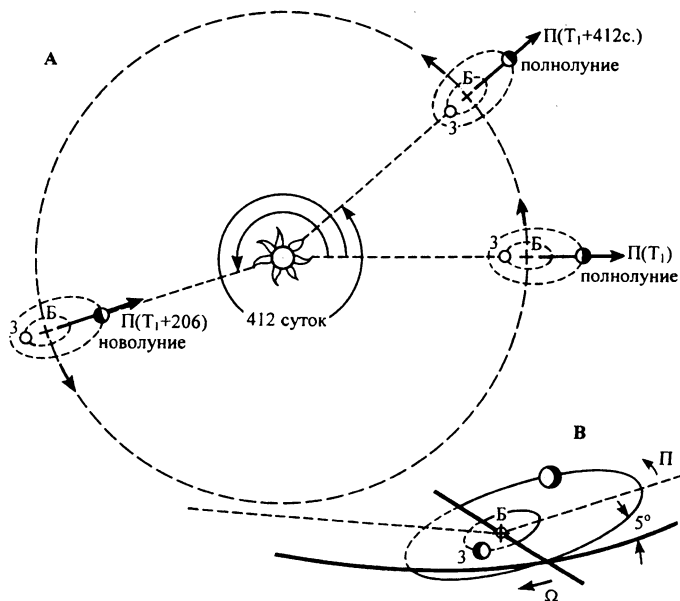
in Geophysics” (1988, V. 9), посвященной столетию открытия С. Чандлера, ведущие специалисты Европы и Америки вынуждены были констатировать, что пока механизм, управляющий этим процессом, не объяснен. И до сих пор не ясно, почему наряду с известной годовой цикличностью выявляется преобладающая по амплитуде гармоника с периодом в 410-440 сут.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОРБИТАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ЗЕМЛИ

Предположим, что никакого объяснения еще не предложено и надо найти теоретическую модель, которая не противоречит ранее зарегистрированным характеристикам вращения Земли и способна объяснить весь спектр особенностей перемещения оси вращения в теле Земли. Начнем с фактов общеизвестных, которые остались не обсужденными при поиске модельного объяснения изменений широт.

Зададим первый простой вопрос: как движется Земля в пространстве, какие периодичности характеризуют это движение? Год — это периодичность движения **системы Земля-Луна** вокруг Солнца. Плоскость эклиптики — это плоскость орбиты **барицентра**, т.е. центра масс Земля-Луна. Вокруг барицентра по подобным эллиптическим, наклонным к эклиптике, орбитам движутся Луна и Земля с месячной цикличностью.

Орбита Земли в этом движении меньше орбиты Луны в 81 раз (в отношении обратном отношению масс). Эти движения Луны и Земли, возмущаемые притяжением Солнца, известны для Луны во всех подробностях. Например, из-за того, что орбита представляет собой не круг, а эллипс, движение Луны (в зависимости от ориентации большой полуоси эллипса) будет испытывать различные возмущения. **Аномалистический месяц Луны** (периодичность последовательного прохождения линии апсид, т.е. направления большой оси эллипса) изменяется в диапазоне **от 29 до 25 сут**. Каждый интересующийся может открыть астрономический ежегодник и проследить закономерности продолжительности аномалистического месяца. Оказывается, что наименьшая продолжительность месяца повторяется с интервалом в 206 сут. Это периодичность повторного совпадения направления Солнце-барицентр с линией апсид и, следовательно, наибольших возмущающих ускорений. Если конкретизировать повторения совпадений и для этого следить за моментом полнолуния, совпадающего с прохождением перигея орбиты, то выявляется цикличность **в 412 сут**. (точнее 411,78471 сут.). Движение Земли относительно центра масс системы Земля-Луна (барицентра) представляет собою **точное отображение движения**



Движения Земли (З) и Луны (Л)
 А – аномалистическое движение
 вокруг центра масс Земля-
 Луна (Б), учитывающее движе-
 ние перигея (П)
 В – движение вокруг центра масс
 Земля-Луна (365 суток), учиты-
 вающее движение перигея – П
 (8,85 лет) и узла орбиты – Ω
 (18,6 лет)

Луны, но уменьшенное почти в 80 раз. Поэтому уже приближенная теория движения Луны позволяет с большой точностью найти все возмущения орбитального движения Земли. Первые интерпретаторы материалов изменения широт не обратили внимания на то, что у Земли возмущения орбитального движения содержат периодичности равные **412-438 сут**. Они ограничились рассмотрением только годовой орбитальной цикличности Земли, а движение вокруг барицентра просто не упоминалось.

АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ВРАЩЕНИИ ЗЕМЛИ

Пойдем дальше, пока обсуждая только материалы астрометрических наблюдений. К моменту открытия изменений широт и их описания С. Чандлером астрономы

достаточно подробно и детально изучили **предварение равноденствия**. Они определяли точное значение ухода (предварения) точки весеннего равноденствия и составляли звездные каталоги с экваториальными координатами светил на данную эпоху.

Путем тщательных наблюдений Брадлей выявил нутационное движение с периодичностью движения узла (18,6 лет).

Следует, однако, подчеркнуть, что наблюдения за прецессией и нутацией характеризуют вращение реальной Земли (с атмосферой и океанами). На основании материалов наблюдений за прецессией и нутацией была получена фундаментальная характеристика Земли – величина ее **динамического сжа-**

$$\text{тия: } H = \frac{C-A}{C} = \frac{1}{305,54},$$

где С, А – полярный и эква-

ториальный моменты инерции. Стабильность этой характеристики во времени подтверждена многолетними наблюдениями и проверяется практически постоянно. Поэтому неверно говорить, что интерпретация наблюдений прецессии и нутации есть некоторая абстракция, характеризующая некую **“абсолютно жесткую”** Землю. Это еще один факт, который не был детально рассмотрен. Вот почему в обиход вошло противопоставление наблюдений за прецессией и нутацией наблюдениям изменений широт. Про первые говорили, что они характеризуют **“абсолютно жесткую”** Землю, про вторые, – **“реальную упругую”** Землю. Однако наблюдатель регистрирует зенитные расстояния и азимуты светил с реальной Земли и эти материалы – исходная информация как о прецессии и нутации, так и о изменениях широт.

АНАЛОГИЯ МАЯТНИКА И ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ТЕЛА

Может ли маятник одновременно качаться в режиме свободных и вынужденных колебаний, задаваемых внешним

воздействием? И можно ли эти колебания наблюдать в чистом независимом виде? Иными словами, может ли твердое тело одновременно вращаться в режиме свободной нутации и вынужденной прецессии?

Свободное колебание осуществляется только в отсутствии внешнего воздействия. Если на маятник, качающийся в режиме свободных колебаний, начнет действовать внешняя периодически меняющаяся сила, то наступит **переходный режим**, в котором в смешанном виде будут частоты как свободного колебания, так и вынужденного воздействия. Продолжительность переходного периода обычно занимает время, соизмеримое с несколькими периодами внешнего воздействия, а потом маятник будет находиться в режиме вынужденных колебаний. Продолжительность переходного режима зависит от отношения мощности импульсного удара. При свободной нутации кинетическая энергия вращения сохраняет неизменное значение, и ось вращения может совершать движение по конусу относительно направления момента импульса. При этом след оси на поверхности тела (полюс) будет описывать траекторию с периодичностью, величина которой зависит от отношения величин моментов инерции тела. Л. Эйлер получил точное решение, позволяющее оценивать период свободной нутации осесимметричного по рас-

пределению масс твердого тела, если известна величина его динамического сжатия. При этом нет необходимости говорить об абсолютной твердости. Для реальной Земли, у которой по величине скорости прецессии оценена величина динамического сжатия, легко предвычислить значение **периода свободной нутации**. Он будет равен **305 суткам**. Эта величина не подлежит пересмотру – она непосредственно связана с измеряемой **скоростью прецессии**, равной **50" в год**. Переходные процессы, по всей видимости, также не могут быть обнаружены астрономическими методами, поскольку энергия внешнего воздействия на четыре порядка превосходит **энергию импульсного воздействия всех локальных явлений на Земле**, например, землетрясений, произошедших в течение года.

Таким образом, изменение широт следует объяснять в рамках модели, согласующейся с интерпретацией материалов регистрации прецессии, нутации; только эта модель способна объяснить, почему ось вращения перемещается в теле Земли с циклическостями орбитального движения барицентра (365 дней) и орбитального движения Земли вокруг барицентра (412-438 сут.).

СЕЙСМОЛОГИЯ И АСТРОНОМИЯ ВЗАИМОСВЯЗАНЫ

Изменение широт было бы объяснено менее про-

тиворечиво, если бы открытие датским сейсмологом Ингой Леманн **внутреннего ядра Земли** предшествовало исследованиям С. Чандлера. В действительности же эти исследования были проведены в другой последовательности, т.е. С. Чандлер дал описание движения оси вращения в 1891 г., а И. Леманн открыла наличие внутреннего ядра в 1936 г. В настоящее время мы достаточно детально знаем внутреннее строение Земли. Нам известно, что Земля состоит из твердой массивной оболочки, масса которой $4,1 \cdot 10^{27}$ г. Внутри оболочки полость заполнена жидкостью, масса которой $1,8 \cdot 10^{27}$ г. В центре полости – твердое ядро с массой порядка $0,1 \cdot 10^{27}$ г. Разность плотностей жидкости и заключенного в ней внутреннего ядра примерно $0,1-0,5$ г/см³. Вязкость на границе жидкость-твердое ядро почти такая же, как у воды. Она оценивается величиной 10^3-10^2 см²/с.

В то время, когда появилась публикация С. Чандлера, отсутствовала какая-либо геофизическая информация о внутреннем строении Земли. Геологи считали Землю однородно жидкой, покрытой тонкой твердой оболочкой. С ними не соглашался **У. Томсон (лорд Кельвин)**, считавший Землю остывшей и твердой. Полемика между геологами и Кельвином повлекла за собой поиск аргументов, разрешающих спор: твердая Земля или жидкая, лишь покрытая тонкой оболочкой? Если у



Флаг-штурман санно-тракторных поездов Ю.Н. Авсюк определяет географические координаты в Антарктиде (3-я Советская Антарктическая Экспедиция, 1958 г.)

жидкого тела свободная нутация не может быть реализована, так как ось вращения сразу же совпадает с осью фигуры, то у твердого тела создать рас-согласование осей возможно. И, следовательно, регистрация движения оси вращения в теле была бы аргументом в пользу твердости Земли. Движение оси, как мы уже напоминали, должно происходить (если это

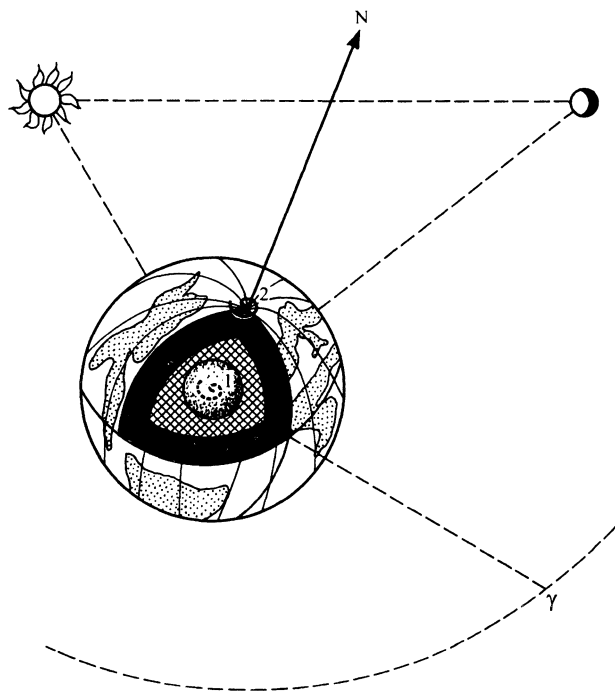
свободная нутация) с периодичностью, предвычисляемой по известному значению динамического сжатия и равной 305 сут. Кельвин обратился к американскому астроному С. Ньюкомбу с просьбой поискать вариацию, равную десяти месяцам (т.е. 300 суток), в материалах наблюдений широты Вашингтона. С. Ньюкомб нашел такую вариацию. На этом основании в

1876 г. Кельвин объявил, что открыта свободная нутация, а следовательно, Земля твердая. В 1891 г. С. Чандлер опубликовал статью, в которой показал, что вариации в 300 суток не существует. Следовательно, нет и оснований говорить о свободной нутации, нужно искать другое объяснение изменению широт, происходящему с циклическими орбитальными движениями Земли. Мы не будем задерживаться на попытках С. Ньюкомба (которые, к сожалению, вошли в учебную литературу) сохранить вопреки эмпирике модель свободной нутации, их, по всей видимости, можно объяснить только тем, что в то время С. Ньюкомб не видел другой альтернативы объяснению изменениям широты, кроме модели свободной нутации.

Однако, когда И. Леманн открыла внутреннее ядро, альтернатива появилась, правда, с опозданием почти в 50 лет.

НЕПРОТИВОРЕЧИВОЕ ОБЪЯСНЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПОЛЮСА

Итак, вокруг Солнца движется система планета-спутник — Земля-Луна. Притяжение Солнца динамически уравновешено не в центре Земли, а в



Схематическое изображение возможного вынужденного перемещения внутреннего ядра (1), повторяемого движением полюса (2) при орбитальном движении системы Земля-Луна вокруг Солнца

центре масс Земля-Луна. Следовательно, на внутреннее ядро будет воздействовать меняющаяся с месячной периодичностью сила, под действием которой ядро будет изменять свое положение.

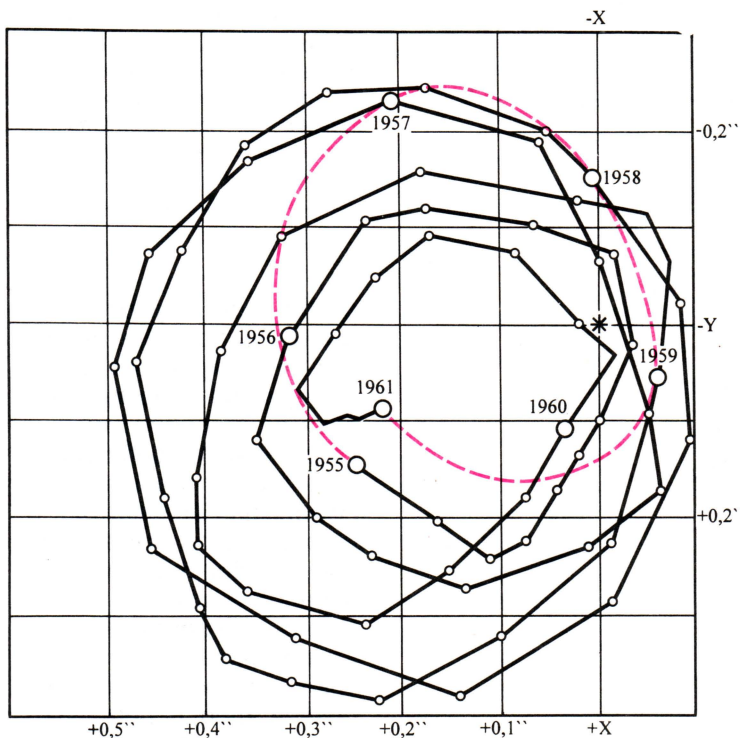
В общем случае движение твердого тела характеризуется шестью степенями свободы. Три координаты фиксируют положение начала подвижной, связанной с телом, системы координат. Три угловые координаты определяют ориентацию подвижной системы относительно неподвижной системы отсчета. Если в Земле перемещается внутреннее ядро, то положение начала не остается неизменным. Ось вращения, проходящая через центр масс, перемещает-

ся в соответствии с изменением положения внутреннего ядра, и наблюдатели будут регистрировать этот процесс как движение полюса или как изменение широт. Данные астрономии получают модельное объяснение (не противоречащее современным знаниям о строении Земли и фундаментальным константам астрономии). Этот вариант объяснения изменений широт можно считать закономерным шагом в познании процессов, происходящих на Земле. Он связан с прогрессом в детальном изучении внутреннего строения нашей планеты и ее принадлежности к системе планета-спутник.

Графики изменения положения полюса, построенные по среднегодовым

значениям, имеют цикличность порядка шести лет, т.е. отражают закономерности изменения взаимной ориентировки узла и перигея орбиты Земли вокруг барицентра. Небольшая асимметрия в наблюдаемом изменении широт обсерваторий северного и южного полушария обусловлена наклоном экватора и эклиптики, из-за которого внутреннее ядро, перемещающееся под воздействием гравитационного поля Солнца, оказывается то в северном, то в южном полушарии. Последнее время, когда появилась возможность перейти от среднемесячных значений к их регистрации с интервалом в несколько суток, детальные интерферометрические наблюдения выявили **двухнедельные вариации** в изменениях широт.

Открытие И. Леманн и С. Чандлера — важный этап **комплексного познания Земли** геофизиками и астрометристами. В настоящее время сейсмологи активизировали детальные исследования распространения сейсмических лучей, проходящих через внутреннее ядро. Обнаруживается различие времен прихода сейсмического сигнала, распространяющегося в



Траектории движения полюса в 1955-61 гг. по материалам Международной службы широт
Черная линия — данные через 0,1 года, красная — через каждый год

обсуждать все особенности орбитального движения Земли, но если мы хотим понять, как проходила эволюция нашей планеты, необходимо осознать, что она принадлежит системе планет-массивный спутник, изменения орбитального движения и вращения которой взаимосвязаны.

Работа выполнена в рамках г.н.-т.п. "Астрономия".

Комментарий доктора физико-математических наук В.В. Нестерова (ГАИШ МГУ)

Изложенная автором статьи теория имеет чрезвычайно важные и далеко идущие последствия. Дело в том, что столетние теоретические объяснения наблюдаемых особенностей вращения Земли давно уже зашли в тупик. Теперь же открываются новые и, по-видимому, абсолютно резонные возможности адекватного их объяснения.

плоскости экватора и в плоскости нормальной к нему. Эта анизотропия косвенно подтверждает, что **внутреннее ядро окружено пограничным слоем**, который существует, если происходят перемещения внутреннего ядра относительно окружающего его расплава. Течения пограничного слоя непосредственно интересуют магнитологов, занимающихся проблемой земного динамо и механизма, обеспечивающего регенерацию поля. А геологам необходимо

обоснование и объяснение **магнитостратиграфической шкалы**, которая распространяется на интервал времени порядка трех миллиардов лет.

Таким образом, казалось бы несущественные факты при их внимательном рассмотрении начинают выстраиваться в некоторую логическую цепочку, позволяющую объединять эмпирический материал, полученный разными методами. Конечно, для летосчислений или для бытовых целей не нужно детально

Проблема приземного озона

А.М. ЗВЯГИНЦЕВ,
кандидат физико-математических наук

Г.М. КРУЧЕНИЦКИЙ,
кандидат физико-математических наук
Центральная аэрологическая обсерватория
Росгидромета

Среди всех научных проблем современности “озоновая проблема” относится к числу наиболее бур-

но обсуждаемых. Она возникла в связи с появлением первоначально “озоновой дыры” в Антарктиде,

а ныне стала актуальной и для средних широт Северного полушария (Земля и Вселенная, 1997, № 6).

Но, помимо уменьшения общего содержания озона, идет другой процесс – **увеличение концентраций озона в тропосфере.**

Ученые и врачи разных стран обеспокоены также наблюдающимся увеличением концентрации приземного озона в слое воздуха – в том воздухе, которым мы дышим. В настоящее время под эгидой Всемирной метеорологической организации (ВМО) проводится Международный год тропосферного озона, цель которого – более точно выявить тенденции изменений концентрации озона в самых низких слоях атмосферы и понять причины этого явления (к сожалению,

Россия участвует в этом в очень малой степени).

ОЗОН НЕ ТАК УЖ
БЕЗОПАСЕН

Озон, молекула которого состоит из трех атомов кислорода, – **сильнейший окислитель.** Превышение естественных концентраций озона способно уничтожить все живое (у человека, прежде всего, страдают органы дыхания). Действующим государственным стандартом на качество воздуха в производственных помещениях **озон отнесен к веществам наивысшего класса опасности** (достаточно сказать,

что по токсичности он превосходит даже цианистую кислоту).

Считается, что в приземный воздух озон частично проникает из стратосферы, где он образуется в результате серии реакций, первичная из которых – **фотохимическая реакция** распада молекулы кислорода на два атома. Другой источник – фотохимические реакции, происходящие в тропосфере под воздействием длинноволновой части солнечной ультрафиолетовой радиации. В них участвуют окислы азота, окись и двуокись углерода, непредельные углеводороды и другие соединения. В отличие

от сравнительно небольшой изменчивости озона в свободной атмосфере (выше 1-1,5 км) вблизи поверхности **Земли концентрация озона может изменяться в несколько тысяч раз.**

До высот около 35 км относительная концентрация озона только возрастает (в свободной атмосфере исключений практически не бывает, кроме известной Антарктической озоновой “дыры”). Это подтверждает, что озон, образуясь в стратосфере, у земной поверхности погибает. В зависимости от метеорологических условий и соотношения концентраций загрязнителей атмосферы, может наблюдаться как повышенная, так и пониженная концентрация озона. В ряде крупных городов (например, в Лондоне и Москве) загрязняющие выбросы промышленных предприятий и транспорта обычно приводят к уменьшенному содержанию озона по сравнению с пригородами. В то же время в таком городе, как Лос-Анджелес, концентрация озона иногда очень сильно увеличивается (в знаменитом лос-анджелесском смоге она достигает **до 500 мкг м⁻³** и более). Это связано, по-видимому, со специфическими условиями этого города: он расположен в низине, где накапливаются загрязнения, а жаркое тропическое солнце способствует развитию фотохимических реакций образования озона.

КОГДА ОЗОН ИМЕЕТ ЗАПАХ

С озоном связано немало **предрассудков**. Так, например, существует мнение, что после грозы воздух “чист и пахнет озоном”. Действительно, этот газ имеет запах (само его название происходит от греческого слова “пахучий”), но человек способен ощутить его, только если концентрация озона превышает предельно допустимую норму не менее, чем в 10 раз (так что, если в воздухе запахло озоном, то тут и до беды недалеко). Перед грозой концентрация озона в воздухе, как правило, действительно несколько возрастает (в 1,5–2 раза) и даже может превзойти предельно допустимую, однако во время и после грозы она обычно не повышается (а во время длительного моросящего дождя даже снижается до минимума). Правда, в непосредственной близости к электрическому разряду концентрация озона в воздухе, действительно, может сильно повыситься, но уже на расстоянии нескольких десятков метров от того места, куда ударила молния, запаха озона ожидать не приходится. Этот научный результат надежно установлен лет двадцать назад основоположником и организатором регулярных наблюдений озона в России Санкт-Петербургским профессором Г.П. Гуцным (Главная геофизическая обсерватория имени А.И. Воейкова) и подтвержден более

поздними наблюдениями в Центральной аэрологической обсерватории (ЦАО).

Ошибочным также следует считать распространенное среди метеорологов мнение, что свежестиранное и высохшее на морозе белье, принесенное в теплую комнату, пахнет озоном: концентрация озона как вблизи, так и вдали от него одинакова, здесь мы имеем дело с предрассудком.

Современному человеку запах озона хорошо знаком по посещению физиотерапевтических кабинетов в поликлиниках, где облучают “кварцевыми” (ртутными) лампами; ощущается он при работе с копировальными аппаратами, вблизи электрических разрядов в газах (например, при проведении электросварки), при использовании некоторых бытовых косметических приборов (для озонирования воздуха, загара, дезинфекции). Внутри закрытых, плохо проветриваемых помещений, (в том числе, в квартирах с закрытыми окнами) озона практически нет: он быстро вступает в реакции с материалом стен и предметов домашнего обихода, особенно сделанными из металла и резины. Будучи одним из самых эффективных окислителей, озон уничтожает большое число бактерий и микроорганизмов, в том числе болезнетворных, а также способствует разложению разного рода отходов как природного, так и антропогенного происхождения. Озон просто **неза-**

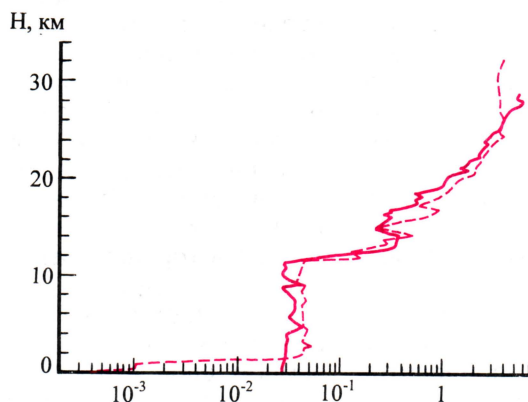
меним при дезинфекции, например, пустых зданий, больничных помещений, овощехранилищ, холодильников и даже грузовиков, перевозящих плодоовощную продукцию на большие расстояния, поскольку его повышенные концентрации в закрытых помещениях легко создаются в буквальном смысле "из воздуха".

ПРЕДЕЛЫ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА

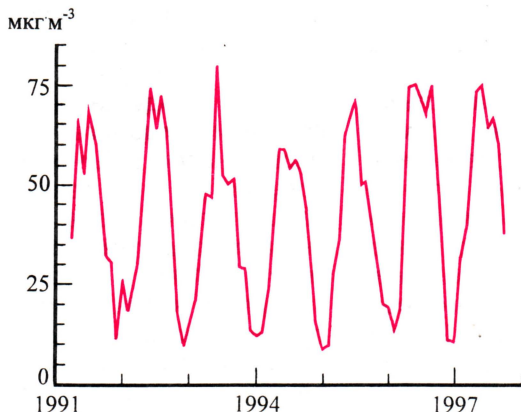
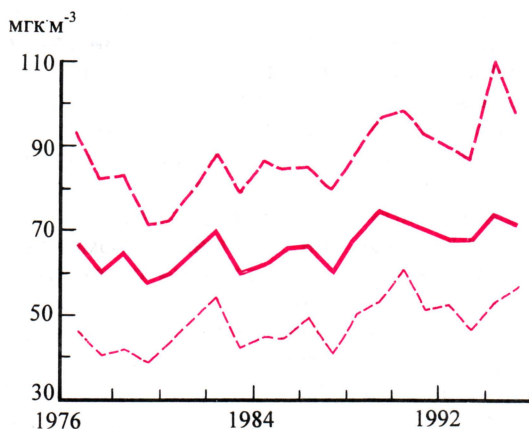
Согласно государственному стандарту и рекомендациям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), предельно допустимая норма концентрации озона в воздухе производственных помещений составляет 100 мкг м^{-3} (или около одной двадцатимиллионной от общего числа молекул, составляющих воздух). Считается, что при концентрациях уже 120 мкг м^{-3} человек заметно теряет работоспособность при физической нагрузке; при 160 мкг м^{-3} происходит ухудшение функции легких; при 200 мкг м^{-3} наблюдаются кашель, хрипоты, першение в горле. Многие международные организации, в том числе ВМО, ВОЗ, рекомендуют оценивать качество воздуха населенных районов на основании данных мониторинга концентрации озона. Практически во всех цивилизованных странах озон включают в первую пятерку веществ, содержание которых в воздухе подлежит определенному контролю.

Относительная концентрация озона (отношение числа молекул озона к общему числу молекул, составляющих воздух; млн^{-1}) в зависимости от высоты (в км) над землей: сплошная линия — г. Рыльск Курской обл. (31 июля 1990 г.); пунктирная — г. Долгопрудный Московской обл. (12 ноября 1992 г.).

Если относительная концентрация озона на высотах больше 1,5 км достаточно постоянна, то приземная — может быть ниже "нормы" в 1000 раз и выше нормы — в 10 раз



Изменение во времени концентрации приземного озона (мкг м^{-3}) в г. Хоэнпайсенберг, Германия. 1 — средние годовые концентрации; 2 — летние; 3 — зимние



Так меняется во времени средняя месячная концентрация озона (мкг м^{-3}) в г. Долгопрудный (в 25 км от центра Москвы)

лю. В Европе имеется более 200 станций, проводящих регулярные наблюдения приземного озона, не меньше их и в США. К сожалению, в России мониторинг приземного озона не проводится.

Путем анализа данных, полученных в Европе и Северной Америке, установлено, что на определенном удалении от мощных источников загрязнений атмосферы приземный озон образует поля, подобные полям метеорологических параметров. Они имеют характерные размеры – от 500 до 1000 км. Переносится тропосферный озон, как и другие загрязнители атмосферного воздуха, ветрами (преимущественно за счет зонального переноса воздушных масс вдоль географических параллелей). Поэтому, если по каким-либо причинам область повышенной концентрации в воздухе озона возникает на юге Великобритании, то примерно через сутки она наблюдается уже в северной части Германии, на следующий день – на литовском побережье Балтийского моря, а еще через сутки – в Подмосковье. Проблема трансграничного переноса загрязнений воздуха на дальние расстояния уже рассматривается на уровне межгосударственных отношений в Европе, и многие государства требуют материальной компенсации за загрязнение своего воздушного бассейна (например, Швеция – от Англии, Польша – от Германии).

Из заинтересованных стран лишь одна Россия не имеет пока собственной национальной политики в вопросе о возмещении экологического ущерба. Между тем, исходя из географических особенностей нашей страны, следует ожидать, что именно в ней (прежде всего, в Сибири) приземный озон разрушается. В стране пока еще не осознана важность и экономическая целесообразность проведения полноценного мониторинга атмосферного воздуха.

Среднесуточная концентрация озона в приземном слое атмосферы в незагрязненных районах средней полосы России составляет около **20 мкг м⁻³ – зимой и 60 мкг м⁻³ – летом**, что несколько меньше соответствующих характеристик в западноевропейских странах. Весной и летом концентрация озона значительно изменяется в течение суток (иногда в 10 и даже более раз); наибольшая концентрация наблюдается после полудня. Приземная концентрация озона существенно меняется и ото дня ко дню. Ежегодно весной и летом, например, в окрестностях Москвы, примерно 10-20 дней в году наблюдаются дни, когда в течение многих часов (обычно от полудня до 9 ч вечера) концентрация озона превышает предельно допустимую. В 1996 г. впервые за время наблюдений в течение нескольких дней среднечасовая концентрация превышала

200 мкг м⁻³ (в самом конце августа, когда температура воздуха днем превышала 25 °С, т.е. была выше нормы примерно на 10 °С).

В 1997 г. среднечасовые концентрации озона в Москве и Подмоскovie днем неоднократно достигали опасных значений: так, с 29 апреля по 1 мая концентрация поднималась до 150, 9 июля – до 180, а 25-27 июля – до 165 мкг м⁻³. Аналогичная ситуация, по-видимому, наблюдалась в эти дни и во всем центральном регионе России. В цивилизованных странах при столь высоких концентрациях озона населению через средства массовой информации местные или федеральные власти обычно рекомендуют ограничить до минимума время пребывания на открытом воздухе.

НЕОБХОДИМ МОНИТОРИНГ ОЗОНА У ЗЕМЛИ

Рост концентрации озона вблизи поверхности земли идет значительно быстрее, чем уменьшение общей его концентрации в стратосфере. Если на высотах 14–25 км, где сосредоточен основной объем озона, его концентрация сокращается со скоростью 1-3% в десятилетие, то в приземном слое (до 10 км) она **увеличивается примерно на 10% каждые 10 лет**. Мониторинг приземного озона совершенно необходим.

В России в настоящее время сравнительно регулярные наблюдения при-

земного озона проводятся только в трех пунктах. Это – Центральная аэрологическая обсерватория Росгидромета в г. Долгопрудный, расположенном в 2 км от Москвы к северу, Кисловодская база Института физики атмосферы РАН и Институт оптики атмосферы РАН в

Томске. Причем, в окрестностях Москвы, где такие наблюдения, по-видимому, наиболее важны ввиду большой плотности населения, они проводятся лишь за счет энтузиазма ученых, без материальной поддержки со стороны официальных структур или спонсоров. Не-

сомненно, в будущем государственная служба, проводящая регулярные наблюдения за приземным озоном, появится и в нашей стране, но настоятельная потребность в ней в Центральном районе России ощущается уже сейчас.

НОВЫЕ КНИГИ

Десятый том “Энциклопедии”

В конце 1997 г. вышел очередной, 10-й, том энциклопедии “Новые наукоемкие технологии в технике”, издаваемой Российским космическим агентством и Академией технологических наук РФ в московском акционерном обществе НИИ “Энцитех”.

“Энциклопедия” необычна по форме, структуре и содержанию. В нее включены данные о технологиях ракетно-космической техники, разработанных ведущими научными организациями и научными центрами. Особое внимание уделяется базовым технологиям двойного действия, 80% которых

не имеют аналогов в мировой практике. В составе редсовета “Энциклопедии” и авторских коллективах томов включены создатели и изобретатели новых технологий, ведущие специалисты в различных областях науки, техники, философии, педагогики. Главный редактор “Энциклопедии” – доктор технических наук, профессор К.С. Касаев.

Редакторы 10-го тома – профессора Г.А. Полтавец и К.С. Касаев. Авторы тома – К.С. Касаев, Г.А. Полтавец, В.В. Булавкин, А.Е. Григорьев, А.Б. Гусейнов, Е.П. Левитан, М.С. Неймарк, В.А. Полтавец, Т.Г. Полтавец, А.К. Прокопенко.

Готовятся к печати следующие тома “Энциклопедии”.

В “Предисловии” к 10-му тому (“Системный подход к сложным техническим объектам”) выделено

пять основных проблем, рассматриваемых в этом томе, – некоторые вопросы теории технических систем, введение понятия “уровень сложности системы”, два направления перехода системы из одного уровня в более сложный, примеры систем и подсистем из ракетно-космической и авиационной техники и технологии. Изложенные в данном томе философские вопросы “интересны, познавательны и поучительны, поскольку они посвящены кардинальным вопросам самой главной системы (Вселенной), коренным проблемам информационной, космическому мышлению и сознанию”.

Заинтересованные в приобретении вышедших томов “Энциклопедии” могут получить в Москве необходимую информацию по телефонам 289-96-24 и 495-43-80.

Динозавров погубила... сера

Доклад Элизабет Пьератто, сотрудницы Аризонского университета (США), на конференции “Падение крупных метеоритов и планетная эволюция”, состоявшейся в Онтарио (Канада), вызвал живой интерес участников. Она разработала математическую мо-

дель падения астероида в районе полуострова Юкатан (Мексика), случившегося ок. 65 млн лет назад. Согласно ее модели, тогда в атмосферу, наряду с водой (ок. 700 млрд т) и прочими веществами, испарилось до 300 млрд т серы. Значительная часть серы достигла стратосферы, где ее окислы соединились с водой и образовали мощный слой аэрозолей. Такой слой, заблокировав солнечное излуче-

ние, приостановил процесс фотосинтеза у растений, а также вызвал значительное глобальное похолодание, продлившееся не менее полутора лет. Этого было достаточно для катастрофического вымирания большей части растительного и животного мира.

New Scientist, 1997, 155, 2098, 23

Владимир Владимирович Белоусов

(к 90-летию со дня рождения)

Владимир Владимирович Белоусов (1907–1990) принадлежит к плеяде выдающихся российских геологов XX столетия. В год его 90-летия исполнилось 40 лет с начала Международного Геофизического года (МГГ), крупнейшего международного научного проекта, реализованного в 1957–1959 гг. (Земля и Вселенная, 1965, № 5). Активное участие в проведении этого грандиозного мероприятия в масштабах всей Земли стало своеобразной вершиной многолетней научной деятельности В.В. Белоусова.

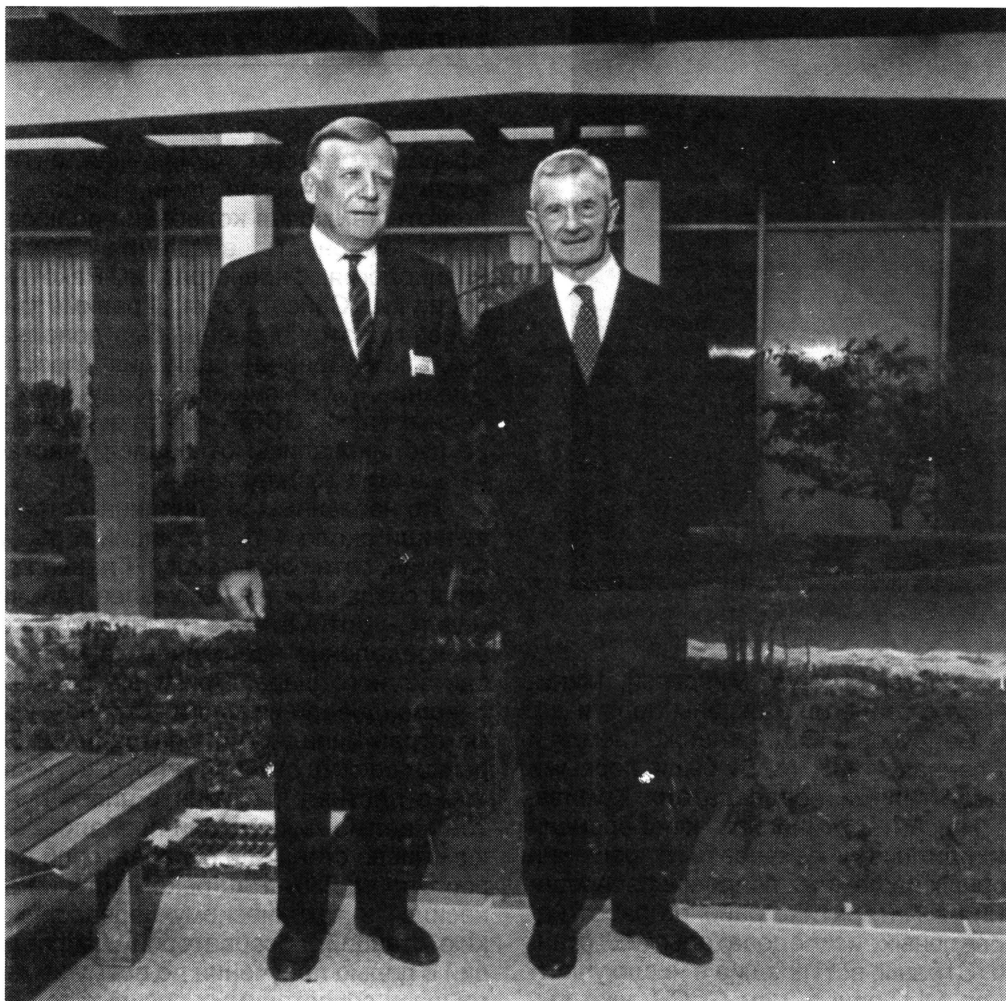
Планетарная геофизика и исследование околоземного космического пространства никогда не были чужды научным интересам геолога В.В. Белоусова. Поэтому благодаря своей широкой образованности и пониманию общих закономерностей развития науки он занял видное место в организации международного сотрудничества ученых в области наук о Земле.

КОГДА ВСЯ ЗЕМЛЯ СТАЛА ОДНОЙ
ЛАБОРАТОРИЕЙ

Рим, сентябрь 1954 г. Ко времени проведения очередной генеральной ассамблеи Международного геофизического и геодезического союза приурочена ассамблея другой, пока еще мало известной международной организации – **Специального комитета Международного Геофизического года** (МГГ) при Международном совете науч-

ных союзов (СКМГГ). Сидней Чепмен, президент СКМГГ, известный всему миру геофизик, автор классических трудов по геомагнетизму и полярным сияниям, узнав, что представитель Академии наук СССР В.В. Белоусов хотел бы сделать заявление, внес изменения в повестку дня и предоставил ему слово. Выступавший говорил на хорошем французском языке, был высок ростом, безупречно одет и обладал европейскими манерами. Он заявил, что СССР намерен принять участие в МГГ по всем разделам программы и предлагает ввести в нее дополнительные исследования по сейсмологии и изучению строения земной коры в переходных зонах между континентами и океанами.

Торжественность этого момента определялась зависимостью успеха всего дела МГГ от участия в нем крупнейшей страны мира, имевшей свой обширный сектор Арктики и располагавшей мощным научным потенциалом. Однако, было известно, что на пути полноценного участия СССР в МГГ существовали препятствия, связанные с особенностями жизни внутри страны и ее длительной самоизоляцией в системе международных научных союзов. Это – недоверие руководства страны к ряду неправительственных международных организаций, засекреченность многих данных о природных процессах и явлениях, использование отличающихся от европейских или американских технических средств наблюдений и методов об-

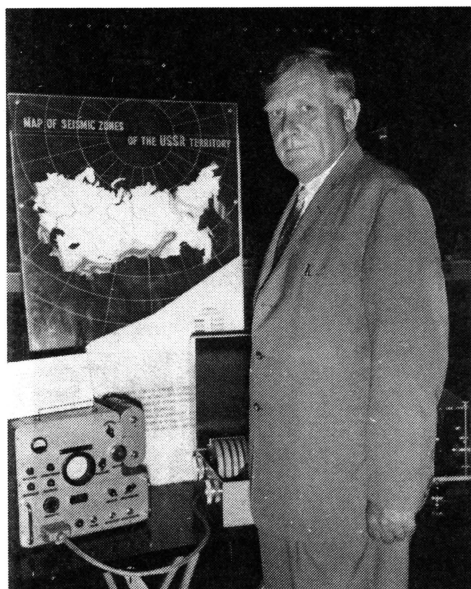


работки с выездом советских ученых на международные мероприятия. В то же время ученые нашей страны, как и специалисты других стран, были крайне заинтересованы в перспективах познания глобальных закономерностей геофизики, открывающихся благодаря МГГ: ведь они получали доступ к данным всего земного шара, право на участие в планировании и реализации грандиозного международного проекта, обретали достойное место в международном научном сообществе.

СКМГГ выделил советским ученым два места (из них одно – специально для В.В. Белоусова) в своем составе. Все предложения нашей страны, касающиеся программы МГГ, были приняты.

В.В. Белоусов и президент Специального комитета МГГ при Международном совете научных союзов профессор Сидней Чепмен

Примерно через год, в июле 1955 г., В.В. Белоусов выступал на I Антарктической конференции СКМГГ в Париже уже от имени созданного к тому времени Советского комитета МГГ. Его возглавил вице-президент АН СССР И.П. Бардин, а в состав вошли представители как отдельных направлений исследований, так и различных ведомств. Кроме АН СССР там были представлены Главное управление гидрометслужбы при Совете Министров СССР, Глав-



В.В. Белоусов на I конференции по итогам Международного геофизического года

севморпуть, Минвуз, Минсвязи, Министерство геологии и охраны недр и др. В.В. Белоусов и Ю.Д. Буланже (Земля и Вселенная, 1997, № 5) были первыми заместителями председателя Комитета. На Антарктической конференции приходилось участвовать в решении спорных и сложных вопросов распределения в Антарктике районов работ национальных исследовательских станций. Страны, вступившие в число участников МГГ ранее, чем СССР, уже выбрали места для своих станций. На долю Советской антарктической экспедиции досталась работа в наиболее сложных пунктах — на Полюсе относительной недоступности в центральной части материка, а также в плохо изученных местах побережья. На конференции в Париже В.В. Белоусов выступил с предложением о применении единых методов картографирования и аэрофотосъемки.

К III Ассамблее СКМГГ, которая состоялась в сентябре 1955 г. в Брюсселе при активном участии В.В. Белоусова, был определен перечень разделов программы МГГ. Первоначально их было 13: Мировые дни и интервалы (синхронизация наблюдений), Метеорология, Геомагнетизм и земные токи, Полярные сияния и свечение ночного неба, Ионо-

сфера и метеоры, Солнечная активность, Космические лучи, Широты и долготы (включая колебания полюса и неравномерность вращения Земли), Гляциология, Океанография, Ракеты и спутники, Сейсмология, Гравиметрия. Через год этот перечень был дополнен разделом "Ядерная радиация" (проследивание перемещений воздушных и водных масс). СССР, где такие данные не публиковались, отказался участвовать в этих исследованиях.

По названным дисциплинам страны заявили около 4 тыс. станций и обсерваторий, сотни экспедиций. Главная задача созданных на Ассамблее рабочих групп — оптимальное географическое распределение наблюдений в масштабах земного шара. Принятые решения рекомендовали во многих странах, кроме стран Западной и Центральной Европы, где сеть станций и так уже достаточно плотная, расширить число пунктов с целью ликвидации пробелов. Общее число станций и обсерваторий возросло на 25%. Ряд рекомендаций относился к техническому перевооружению станций, обсерваторий и экспедиций с целью получения по всему земному шару сопоставимых результатов наблюдений.

Неизбежно возникали столкновения интересов разных стран, потребность в компромиссах. В.В. Белоусов умело способствовал разрешению возникающих конфликтов, выходу из тупиковых ситуаций в рамках СКМГГ. Любопытный инцидент произошел на III Антарктической конференции МГГ (июль-август 1956 г.), представитель Аргентины в резкой форме заявил протест против использования на заседаниях карты, не учитывающей территориальные претензии этой страны на часть Антарктиды. Выступая в ходе дискуссии, В.В. Белоусов обратил внимание на чисто научный характер конференции и подчеркнул, что данная карта используется только с общегеографической точки зрения. Было решено не отра-

жать этот конфликт в протоколах. Работа конференции была продолжена в спокойной обстановке. А впоследствии, при заключении договора об Антарктике, проблема сама собой отпала.

Согласованные между странами наблюдения не имели смысла без создания надежной системы сбора и распространения результатов для обмена ими. Поскольку двухсторонний обмен результатами наблюдений для всех 67 стран-участниц МГГ дорог, сложен и ненадежен, на IV Ассамблее СКМГГ в Испании (сентябрь 1956 г.) при активном участии В.В. Белоусова было решено создать два универсальных (т.е. по всем видам наблюдений МГГ) Мировых центра сбора, хранения и распространения данных (МЦД) в США и СССР. Страны посылают свои результаты в один из них, а Центры обмениваются копиями материалов. Кроме того, в разных странах формировались специализированные Центры, ориентированные на результаты каких-то определенных исследований. В то время было непросто доказать научной общественности, что поступившие в СССР материалы наблюдений останутся доступными для всех участников МГГ и что все ученые в любое время могут иметь возможность ознакомиться с ними в Москве. Эти Центры, в том числе Московский, существуют до сих пор и обслуживают участников многих проектов, которые выполнялись или выполняются после МГГ. Они стали стержнем для последующего сотрудничества в геофизике и смежных науках.

Проведение МГГ, продолженного еще как и "Год спокойного Солнца" (МГСС), значительно расширило наши знания о Земле и ее окрестностях. Мощный импульс получило развитие последующего международного сотрудничества. В начале 60-х гг. много сил затратил В.В. Белоусов на создание правопреемника СКМГГ – **Международного комитета по геофизике** – и на то, чтобы Международный совет научных союзов принял меры к превращению в постоянно действующие сформированные для МГГ глобальные системы наблюдений и обмена данными.

На период 1960-63 гг. В.В. Белоусов избирался **президентом Международ-**

ного геодезического и геофизического союза. По его инициативе и под его руководством в это время осуществляется международный проект "Верхняя мантия Земли и ее влияние на развитие земной коры". В нем нашел воплощение предложенный ученым геонаучный подход, с помощью которого данные геологии, геофизики, геохимии и геодезии, взаимодействуя, объединяются и дают более полное представление о строении и состоянии земных недр.

В 1961-90 гг. В.В. Белоусов возглавлял Межведомственный геофизический комитет (правопреемник Советского комитета МГГ), который обеспечивал участие почти 300 научных учреждений и вузов страны в ста международных проектах, выполнявшихся после МГГ, и в деятельности соответствующих международных организаций. В.В. Белоусов был членом международной инициативной группы по геосферно-биосферной программе "**Глобальные изменения**", руководил рядом международных экспедиций.

ПУТЬ ГЕОЛОГА И ГЕОФИЗИКА

Высокий авторитет В.В. Белоусова, завоеванный им в сообществе ученых мира, опирался не только на его выдающиеся способности организатора. Он подкреплялся тем, что В.В. Белоусов был активно работающим ученым, исследователем с большим опытом конкретной теоретической и практической исследовательской работы.

Владимир Владимирович Белоусов получил геологическое образование в Московском университете. Его творческая научная деятельность началась в 30-е годы в научных учреждениях Ленинграда, а затем с 1942 г. в Москве в МГРИ (Московском геолого-разведочном институте). С 1944 г. и до конца дней он проводил исследования в Институте физики Земли АН, одновременно ведя большую педагогическую работу в МГУ. В 1953 г. В.В. Белоусов был избран членом-корреспондентом АН СССР.

В.В. Белоусова отличала широта взгляда и отчетливое понимание взаимосвязи и неразрывного взаимодействия всех природных процессов, а самое

главное, осознание взаимодействия всех геосфер. Во всех своих работах он всегда был не просто геологом, не только тектонистом, он был естествоиспытателем в самом широком смысле слова.

В.В. Белоусов вошел в историю науки прежде всего как выдающийся тектонист. Однако свою научную деятельность он начал при поддержке и благословении В.И. Вернадского с исследования геохимии природных газов. Уже в ранних работах (30-е годы), исследуя генезис природных газов и характеризуя геологические условия их распространения, В.В. Белоусов понял, что для этого необходимо выяснить **общие закономерности строения и развития земной коры**. Поэтому он обратился к исследованию истории геологического развития сначала Кавказа, а затем Восточно-Европейской платформы и прилегающих складчатых областей.

Геологическую историю В.В. Белоусов понимал прежде всего как процесс развития движений земной коры. Эти движения отражаются в условиях накопления и размыва осадочных образований, а в конечном счете – в их составе. Для изучения и анализа этих движений В.В. Белоусов разработал метод анализа фаций и мощностей отложений, получивший распространение и ставший необходимым инструментом исследования специалистов в региональных и глобальных обобщающих работах. На примере Кавказа им установлены основные закономерности развития геосинклинальных областей и определено место процессов складкообразования и магматизма в этом развитии.

Опыт анализа геологической истории конкретных областей, а также понимание взаимосвязи процессов эволюции во всех геосферах позволили В.В. Белоусову уже в 40-е годы выдвинуть обобщающую гипотезу, которая объясняла движущие силы и причины тектогенеза. Молодой ученый назвал ее **радиомиграционной**. На уровне знаний того времени он высказал предположение о взаимодействиях, связывающих земную кору с глубокими недрами. В этой первой обобщающей научной концепции В.В. Белоусов сумел

свести основные главные причины, управляющие процессом тектогенеза, к двум постоянно действующим и принципиально важным “физическим универсалиям” (как они позже были обозначены нобелевским лауреатом **Р. Пригожиным**) – теплу и гравитации. Этот сделанный В.В. Белоусовым важнейший вывод о процессах эволюции планеты опирался на фундаментальные законы природы.

Раньше многих других геологов он понял, что раскрыть существо процессов, преобразующих лик Земли, можно только рассматривая совместно данные о строении, состоянии и структуре всех верхних геосфер, т.е. используя наряду с геологическими данными всю геофизическую и геохимическую информацию. Это послужило основой для разработки комплексного подхода (геономического) к решению основных фундаментальных проблем развития Земли. В.В. Белоусов создал учение об эндогенных режимах – закономерных сочетаниях тектонических, магматических и метаморфических процессов. Его он развивал и совершенствовал до конца дней, положив в основу своей теоретической концепции о направленности геологической эволюции Земли, стадиях и этапах ее развития. Решающую роль в ней играют неравномерное во времени и пространстве распространение глубинного тепла и энергомассообмен между разными геосферами. Учение об эндогенных режимах открыло перспективы для исследования процессов преобразования вещества на разных уровнях тектоносферы, в исследовании причин и движущих сил процессов тектогенеза, как в конкретных регионах, так и в планетарном масштабе.

Научное наследие В.В. Белоусова огромно и насчитывает более 300 опубликованных работ, среди которых более 20 монографий. Имя В.В. Белоусова прочно вписано в историю наук о Земле уходящего XX века. Его наследие – достояние не только архивных полок, оно живо, продолжает работать и развивается в работах его учеников и последователей. Становится все более ясно, что многие идеи и воззрения В.В. Белоусова, вызывавшие острые

споры, подвергавшиеся суровой критике, оказались справедливыми и подтверждаются новыми накапливающимися фактами. Это относится, например, к его критике концепции тектоники литосферных плит.

И сейчас, на пороге XXI столетия, когда осознается необходимость поиска альтернативных идей, многие разработки В.В. Белоусова будут оценены по

достоинству и займут свое место в последующих концепциях эволюции Земли.

А.Д. ПОВЗNER,
кандидат географических наук
Геофизический комитет РАН

В.Н. ШОЛПО,
доктор геолого-минералогических наук
Объединенный институт физики Земли РАН

НОВЫЕ КНИГИ

Российские средства выведения КА

Вышедшая книга о российских ракетах-носителях (Павутницкий Ю.В., Мазарченков В.А. и др. "Отечественные ракеты-носители", С.-Петербург, изд. центр СПбГМТУ, 1996 г.) открывает серию изданий, посвященных средствам запуска космических аппаратов. В книге рассмотрены основные типы отечественных ракет-носителей, стартующих со стационарных наземных комплексов. В сжатой форме представлены сведения об истории создания, технических характеристиках (даны таблицы и компоновочные схемы), двигателях, основных конструктивных решениях и особенностях бортовых систем одноразовых ракет-носителей, созданных в различных конструкторских бюро и объединениях.



В издании 6 разделов и 2 приложения. Первый раздел посвящен анализу развития средств выведения (приведены сведения о типах ракет-носителей и количестве пусков с космодромов). Следующие разделы рассказывают о ракетах-носителях, созданных на тех

или иных предприятиях ракетостроительной отрасли: Государственном космическом центре "Прогресс" в Самаре (РН "Молния" и "Союз"), Конструкторском бюро "Салют" (РН "Протон", "Рокот" и "Ангара"), НПО "Южное" в Днепропетровске и Производственное объединение "Полет" (РН "Космос", "Циклон" и "Зенит"), Государственным ракетным центре "КБ им. академика В.П. Макеева" (РН "Волна", "Высота", "Штиль", "Рикша" и "Беркут"). Последний раздел посвящен обзору всего спектра разгонных блоков, применяемых на отечественных ракетах-носителях (ступени "ДМ", "Бриз", "Фрегат", КВРБ и другие). В приложениях даны краткие сведения о космодромах и таблицы характеристик национальных транспортных средств.

Книга предназначена для всех интересующихся развитием ракетостроения и космонавтики, может быть использована студентами технических вузов и университетов.

Еще одна планета

Сотрудники Смитсоновского астрофизического центра в Кембридже (США), возглавляемые Р. Нойесом, исследовали спектр звезды ρ Северной короны. Оказалось, что спектральные линии в

спектре периодически смещаются, так, как это происходит у двойных звезд. Однако блеск звезды оставался постоянным.

По смещению линий определили параметры невидимого спутника. Его масса немного превосходит массу Юпитера, а расстояние до звезды меньше, чем от Меркурия

до Солнца. Таким образом, спутник звезды ρ Северной короны оказался планетой.

Astrophysical Journal Letters, 1997,
483, 111

New Scientist, 1997, 155, 2089, 23

Вацлав Ласка – сейсмолог, астроном, метеоролог

ПЕРВОЕ ЗНАКОМСТВО

В конце 60-х годов я изучал историю открытия серебристых облаков. Тогда удалось выяснить, что первым (за четыре дня до В.К. Цераского) их наблюдал английский астроном Томас Баггауз, работавший на обсерватории в Сандерленде на берегу Северного моря, а вторым – некий Ласка в Праге. Он заметил серебристые облака 10 июня 1885 г., за два дня до Цераского.

Кто же он был, этот Ласка, опередивший в первых наблюдениях серебристых облаков таких признанных ученых, как В.К. Цераский и Отто Йессе? Я начал поиски по литературе и вскоре обнаружил, что В. Ласка – это основатель астрономической обсерватории в некоем городе Лемберге. Где же он находится, этот город Лемберг? К счастью, в статье были приведены координаты обсерватории. Взяв географический атлас, я провел меридиан и параллель с указанными координатами и они пересеклись... на Львове, областном центре Украины. Он-то и назывался в немецкой литературе Лембергом.

У этого города странная судьба. Основанный в середине XIII в. галицким князем Даниилом Романовичем и названный в честь его старшего сына Льва, спустя несколько десятков лет он попал под власть Литвы, затем Польши. После разделов Польши в конце XVIII в. город оказался в составе Австрии, получив название Лемберг, а затем – Австро-Венгрии. В ее составе он и

находился, когда Вацлав Ласка организовал там астрономическую обсерваторию. В 1918 г. Лемберг перешел в состав вновь образованной Польши, обретя свое первоначальное название – Львов, а в 1939 г. был присоединен к СССР и стал областным центром Украинской ССР, ныне – Республики Украина. Так за семь с половиной столетий Львов пребывал в составе восьми государств!

Я продолжал поиски сведений о Ласке и нашел обширную справку о нем в словаре биографий ученых И. Поггендорфа. Правда, чешское имя ученого составители словаря изменили на Венцель Йоганн. Видимо, под такими именами он значился в документах, выданных австро-венгерскими чиновниками.

Я написал директору Астрономической обсерватории Львовского университета профессору А.В. Буткевичу и в марте 1974 г. получил от него статью чехословацкого историка науки Алои-за Затопека с подробным жизнеописанием Вацлава Ласки на французском языке. Этими двумя материалами я и воспользовался при написании этой статьи.

ПРАГА: ПЕРВЫЕ ШАГИ В НАУКЕ

Вацлав Ласка родился в Праге 24 августа 1862 г. В 1883-87 гг. учился в знаменитом Карловом университете, и серебристые облака он наблюдал, будучи еще студентом. После окончания Карлова университета Ласка начал рабо-

тать в Пражской астрономической обсерватории, где еще жили традиции, заложенные в начале XVII в. Тихо Браге и Кеплером. Одновременно он в качестве доцента преподавал астрономию и высшую геодезию в Политехническом институте.

В числе других небесных светил Ласка наблюдал кометы: 1892 VI (август–ноябрь 1892 г.), 1895 IV (ноябрь 1895 г.), 1896 I (март 1896 г.) и 1899 I (май 1899 г.). Последнюю комету Ласка наблюдал уже во Львове, оставив интересные описания (комета была видна невооруженным глазом).

Кроме комет, Ласка наблюдал планеты, переменные звезды, звездные скопления, лунные затмения, определял элементы орбит комет и малых планет, разрабатывал теорию возмущенного движения планет, работал в области фотографической астрометрии.

Используя 8-дюймовый телескоп со спектрографом, Ласка совместно с Г. Груссом изучил 13 звезд с яркими линиями в спектре. Затем они исследовали кривые блеска и определили даты максимумов 24 переменных звезд, в основном долгопериодических и полуправильных. Как известно, долгопериодические переменные звезды характерны присутствием ярких линий в спектре. Вообще, спектры долгопериодических переменных звезд относятся к самым сложным из всех звездных спектров. Эта их особенность и привлекла внимание Ласки и Грусса. Их наблюдения 90-х годов прошлого века были первыми кирпичиками, которые последующие исследователи использовали для теоретических обобщений.

Вацлав Ласка много занимался и метеорологией. В 1887 г. он издал большой труд "Грозы в Праге в 1840-85 гг.", где обобщил наблюдения этого явления за 45 лет. В другой работе он собрал сведения о выпадении в Праге града и крупы за тот же период.

Кроме астрономии и метеорологии в это же время Ласка публикует статьи по математике и геофизике. С начала



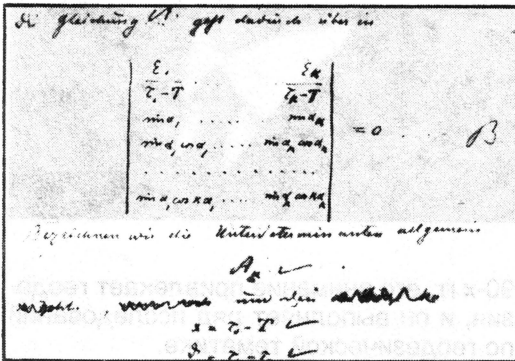
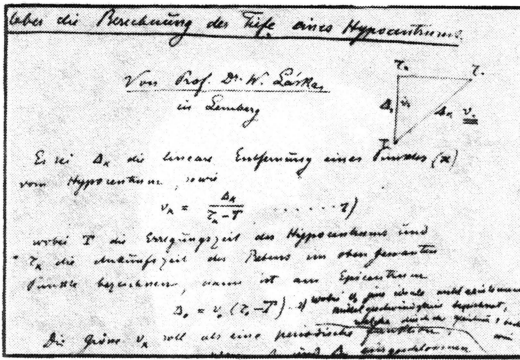
90-х гг. его внимание привлекает геодезия, и он выполняет ряд исследований по геодезической тематике.

ЛЬВОВ: ЗАНЯТИЯ СЕЙСМОЛОГИЕЙ

В 1896 г. Ласка был приглашен на должность экстраординарного профессора Высшей политехнической школы г. Лемберга и одновременно зачислен доцентом университета. С 1899 г. он – профессор астрономии и высшей геодезии.

Переезд Ласки из Праги во Львов, вероятно, ассоциируется у читателей с переходом в другое государство. Ведь Прага для большинства из нас – это столица Чехии, в недалеком прошлом – Чехословакии, а Львов – украинский, а до 1939 г. польский город. Но в 1896 г. оба эти города находились в одной стране – Австро-Венгрии, и ни Чехословакии, ни Польши не существовало, а Украина (тогда Малороссия) была частью Российской империи. Поэтому переезд Ласки из Праги во Львов был не труднее, чем у нас до 1991 г. переезд омского ученого в Киев, или пулковского астронома в тот же Львов.

В 1903 г. Ласка был утвержден директором астрономической обсерватории,



созданной его усилиями, а заодно – метеорологической и сейсмологической обсерваторий при Высшей политехнической школе. Быстрое развитие сейсмологии – новой отрасли геофизики, требующей точных знаний, привлекло его внимание. Именно в ней он мог найти применение своим познаниям в таких науках, как математика и физика. А материалы сейсмической станции оказались в его распоряжении.

Ласка занялся изучением сейсмограмм, их структуры, затем перешел к физической интерпретации фаз сейсмических волн. Он рассчитал таблицы годохов и предложил некоторые практические правила для определения расстояния до эпицентра землетрясения, пригодные для расстояний от 2000 до 9000 км. Затем им был разработан метод определения координат эпицентра. Он занимался также определением глубины фокуса землетрясений и анализировал разрывной характер траекторий сейсмических волн в недрах Земли, разрабатывал возможности сейсмического метода изучения строения зем-

ного шара, исходя из физической интерпретации фаз на сейсмограммах.

Его работы по сейсмологии, опубликованные в начале нашего столетия, получили всеобщее признание. Так, в известной книге немецкого сейсмолога Августа Зибера «Изучение землетрясений» (1909 г.) содержится много ссылок на работы В. Ласки. Более того, Ласка там назван одним из основателей современной сейсмологии.

Одним из первых он начал изучать микросейсмы. В 1901 г. ученый представил на Первую международную конференцию по сейсмологии, созванную в Страсбурге, мемуар, посвященный возбуждению колебаний маятника и содержащий детальные сведения о характеристических свойствах европейских микросейсм. Он установил их связь с атмосферной циркуляцией в зоне Северной Атлантики и подчеркнул значение смещения барометрических минимумов во время генерации микросейсм. Ласка локализовал положение этого минимума вблизи северного побережья Норвегии.

В качестве ответственного лица (докладчика) Академии наук Вены по землетрясениям он изучал сейсмическую активность на территории тогдашней Австро-Венгерской империи и каталогизировал по историческим данным землетрясения в Польше. Его научная деятельность во Львове отражена в 99 публикациях, из которых 29 посвящены геофизике и сейсмологии, а остальные – астрономии, геодезии, картографии и различным разделам прикладной математики.

Ласка старался поддерживать научные связи с крупнейшими сейсмологами своего времени. В числе его корреспондентов – русский сейсмолог академик Борис Борисович Голицын, хорватский геофизик Андрей Мохоровичич (известный своим открытием границы Мохоровичича, или границы Мохо, разделяющей базальтовый слой земной коры от слоя ультраосновных пород –

дунита и перидотита), австрийский сейсмолог Виктор Конрад, открывший другую границу – границу Конрада, разделяющую гранитный и базальтовый слои, японский профессор сейсмологии университета Токио и Киото Фузакичи Омори, уже упоминавшийся Август Зибег и другие.

Глубокий интерес к исследованиям внутреннего строения Земли и происходящих в ее недрах процессов, соединенный со стремлением рассматривать не только геофизические вопросы, но также геодезические и геологические проблемы с точки зрения физики остались характерными чертами научного творчества Вацлава Ласки и в дальнейшем, после его возвращения в Прагу.

СНОВА ПРАГА:
ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В 1911 г. ученый принимает приглашение на должность профессора прикладной математики Карлова университета в Праге. Новая должность была связана и с новыми обязанностями. Ласка читал курсы геодезии и геофизики. Его курсы затрагивали и смежные дисциплины, как например, физическую географию, космическую физику, космогонию, математическую статистику и философию естествознания. Активная педагогическая деятельность и начавшаяся первая мировая война не позволили тогда Ласке осуществить свой план создания в Праге, при университете, центра геофизических исследований. Это ему удалось только после 1918 г., в новом государстве – Чехословакии.

В 1920 г. Ласка основал при факультете наук Карлова университета Национальный геофизический институт Чехословакии, в дальнейшем перешедший в ведение Академии наук. После утверждения директором института профессор Ласка организовал сейсмологическую и геомагнитную службу,



сеть наблюдений микросейсм с центральной станцией в Праге и со станциями в Хебе, Старой Дале и... Ужгороде, который был тогда в составе Чехословакии (этот город тоже сменил после этого три государства: Чехословакия–СССР–Украина). Сейсмическая станция в Праге была включена в Международную сейсмическую службу, центральное бюро которой находилось в Страсбурге. Генеральная ассамблея Международного геодезического и геофизического союза, состоявшаяся в Праге в 1927 г., одобрила и поддержала его начинания.

Однако на их пути встретились серьезные трудности. Не хватало средств. Ощущался недостаток в молодых исследователях. Да и возраст давал себя знать – в год ассамблеи Ласке исполнилось 65 лет. Тем не менее, он работал, не покладая рук. В этот период он пишет и издает курсы алгебраического анализа, чистой и прикладной математики, ас-

трономии и математической геодезии, сферической тригонометрии, теории функций, высшей геодезии и сферической астрономии, теории вероятностей, графических методов вычислений. В 1926 г. опубликован его курс "Введение в космическую физику", а в 1927 г. – "Введение в геофизику".

В это же время Ласка формулирует с позиций физики основные проблемы тектонофизики, т.е. проблемы деформации земной коры, образования в ней складок, происхождения тектонических дислокаций, объяснения орогенных и эпирогенных циклов, вулканической активности и других явлений. Он уточнил физический смысл терминов "твердый", "упругий", "пластичный", "вязкий" и других, почти идентичный современным понятиям физики твердого тела.

В 1932 г. профессор Ласка вышел в отставку. Но ученый продолжал работать. В 1935 г., в связи с изданием "Статистического атласа Чехословацкой республики", он серьезно занимался

проблемами картографии и принял деятельное участие в осуществлении этого важнейшего издания.

Последние годы жизни Ласка посвятил вопросам философии точных и естественных наук. Он завершил свою научную деятельность, отраженную в его 300 публикациях, изданием небольшой книги "Введение в философию". Это было в 1939 г. В том же году Чехословакия была оккупирована гитлеровцами. Ученый тихо скончался 27 июля 1943 г. в возрасте 81 года, не дождавшись освобождения Праги от оккупантов.

Чешские геофизики глубоко чтут память профессора Ласки, отца чехословацкой геофизики и, особенно, сейсмологии, неутомимого борца на ниве человеческого прогресса. Должны отдать ему должное и мы, и наши украинские коллеги, помня об организованной им астрономической обсерватории во Львове и сейсмической станции в Ужгороде.

В.А. БРОНШТЭН,

кандидат физико-математических наук

Информация

Молнии повышают кислотность осадков

Специалист по химии атмосферы Университета штата Джорджия в Атенсе (США) Б. Рейлсбек в течение одного лета (в 1997 г.) собирал образцы воды 14 грозовых дождей в среднем через каждые

полторы минуты. Проанализировав результаты эксперимента, ученый установил, что дождевая вода образцов, отбравшихся под звуки грома, обладает средней кислотностью $pH = 3,63$, а у тех, что были взяты в "тихие" периоды времени, равна 4,5 (чем выше показатель, тем ниже кислотность).

Повышение во время грозы кислотности осадков Б. Рейлсбек объясняет тем, что молния стимулирует образование реактивных химических веществ, необходимых для окисления загрязняющих

воздух соединений серы. Это совпадает с результатами ранее выполненных наблюдений, согласно которым молниевый разряд порождает большое количество озона – мощного окислителя. Вероятно, солнечное излучение стимулирует этот процесс: pH у образцов, взятых в дневное время, в среднем ниже, чем у ночных.

The Science of the Total Environment, 1997, **198**, 233
New Scientist, 1997, **154**, 17

Игорь Stanisлавович Астапович – исследователь метеорных явлений

(к 90-летию со дня рождения)

В одной из “исторических миниатюр” Э. Хиньшера об основоположнике атомной теории Э. Резерфорде сказано, что его труд осеяло вдохновение и упорст-



Профессор И.С. Астапович (фото 1971 г.)

во. Конечно, исследования метеорных явлений, проводившиеся моим научным руководителем и наставником Игорем Stanisлавовичем Астаповичем, имели намного меньшую значимость, чем труды создателей современной физики. Однако несомненно, и его труд характеризовали вдохновение и упорство.

И.С. Астапович родился 11 января 1908 г. в семье преподавателя учительской семинарии в городе Волчанске Харьковской губернии. Год его рождения весьма знаменателен для науки о метеорах: 30 июня произошло необыкновенное событие, известное под названием Тунгусского феномена, которое в дальнейшем изучалось И.С. Астаповичем.

Отец ученого – Stanisлав Викторович (1864-1931) – преподавал физику и математику. Мать Елизавета Павловна (1864-1943) имела диплом домашней учительницы. Отец матери – П.И. Горский-Платонов – потомственный дворянин, был экстраординарным профессором Московской Духовной академии, специалистом по археологии и древним языкам. Двоюродным братом матери был известный полярный исследователь В.А. Русанов. По линии отца Астаповичи – выходцы из Польши, состоявшие в родстве с графами Тышкевичами.

В библиотеке семьи, где рос будущий ученый, были книги К. Фламмарiona,

Ф. Араго, Ф.А. Бредихина, К.Д. Покровского. На работы последнего И.С. Астапович ссылался и в те годы, когда К.Д. Покровский значился "изменником Родины", реабилитирован только в июле 1993 г. по инициативе автора статьи.

В 1924-26 гг. И.С. Астапович учился в профтехшколе г. Николаева, проходил практику в столярных и механических мастерских, получил звание машиниста 4-го разряда. Тогда же он увлекся астрономией. Несомненно, определяющую роль в этом сыграло Русское общество любителей мироведения (РОЛМ).

Еще в 1914 г. в Петербурге при РОЛМ было организовано Центральное бюро астрономических наблюдений. До 1917 г. отдел падающих звезд возглавляла Нина Михайловна Субботина. Была разработана программа исследований, опубликованная в журнале "Мироведение". Корреспондентами отдела падающих звезд было более 50 наблюдателей метеоров. Значительные ряды наблюдений сделаны Д.О. Святским, Э.К. Эпиком, А.В. Соловьевым. В РОЛМ активно работали ученые, ставшие впоследствии друзьями и соавторами И.С. Астаповича. Это одессит В.А. Мальцев, секретарь астрономической секции РОЛМ, и приехавший из Миргорода В.В. Федынский, возглавивший в 1926 г. коллектив наблюдателей Московского общества любителей астрономии.

Первые публикации наблюдений метеоров И.С. Астаповича относятся к 1923 г. 30 октября он видел болид минус 7^м с искрами. С 1925 г. проводил систематические наблюдения. Ряд наблюдений Николаевского периода содержит сведения о 1594 метеорах.

20 августа 1925 г. И.С. Астапович и С.С. Трикотский наблюдают болид минус 12^м и дрейф следа болида в течение 18 мин. Базисные наблюдения позволили получить интересные результаты. Были определены траектория и геоцентрическая орбита болида, вычислена его скорость, которая оказалась равной 12 м/с. Отмечены электрофонные явления. Юному наблюдателю, в то время выпускнику школы, было 17 лет.

В 1926 г. И.С. Астапович поступил на физико-математический факультет Московского университета.

В 1928 г. И.С. Астапович принимал активное участие в работе II съезда РОЛМ, который состоялся в Нижнем Новгороде, и проходил далеко не с таким подъемом, как I московский съезд 1921 г. Советская власть ставила под жесткий контроль любые неформальные организации такого рода, а впоследствии кружки и общества краеведов, историков, и даже любителей астрономии разогнали. Известно, что уже в 1923 г. РОЛМ обязали представлять в ГПУ списки своих членов. А в 1930 г. оно было закрыто. Многих ведущих мироведов отправили в места "не столь удаленные". Д.О. Святский был сослан в Алма-Ату, потом его перевели в Актюбинск, где он вскоре умер. Известного исследователя метеоритов Е.Л. Кринова спасает от ареста участие в длительной экспедиции на место падения Тунгусского метеорита.

В 1928 г., в связи с переездом семьи в Ленинград, И.С. Астапович переводится в Ленинградский университет. Здесь он стал активным участником астрономической секции РОЛМ. Он издает брошюру "Задачи любителей метеорной астрономии". По заданию Д.О. Святского им определена орбита Белозерского метеорита 1662 г. и сделан доклад о нем на общем собрании РОЛМ 23 октября 1929 г. С 1928 г. работает в Институте прикладной геофизики, одновременно являясь внештатным сотрудником Минералогического музея АН СССР в Ленинграде.

Университет И.С. Астапович закончил в 1930 г., получив диплом астронома. В 1930-31 гг. был аспирантом Пулковской обсерватории. До 1932 г. выезжал в экспедиции в Восточную Сибирь от Центрального научно-исследовательского геолого-разведочного института. Он обнаружил месторождение магнетита, получил благодарность за открытие новых металлоносных площадей, организовал в Иркутске кабинет геофизики Восточно-сибирского геолого-разведочного управления.

Но за этими разнообразными занятиями не забывалась астрономия. Боль-

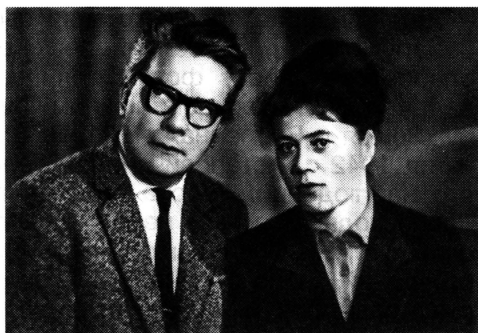
шое внимание И.С. Астапович уделяет изучению архивов геофизических наблюдений Тунгусского метеорита. Одним из первых он высказал предположение о его кометной природе.

В 1933 г. И.С. Астапович был назначен директором строящейся Сталинабадской астрономической обсерватории. Она создавалась специально для исследования метеорных явлений и впоследствии превратилась в Институт астрофизики Таджикской Академии наук. В Сталинабаде И.С. Астапович продолжил начатые в Ленинграде наблюдения телескопических метеоров и начатые еще в Николаеве наблюдения метеорных следов. Здесь же И.С. Астапович начал спектральные наблюдения метеоров, которые впоследствии успешно развивались (Земля и Вселенная, 1986, № 6).

В 1933 г. И.С. Астапович заболел тяжелой формой малярии и уехал лечиться. В 1934 г. стал старшим научным сотрудником ГАИШ МГУ. В 1935 г. ему без защиты диссертации присвоена ученая степень кандидата физико-математических наук. Он был избран членом Комиссии № 22 (по метеорам) Международного астрономического союза. Вместе с В.В. Федынским организовал комиссию по метеорам и кометам при Астрономическом совете АН СССР. И.С. Астапович возглавил ее и провел первые всесоюзные конференции по исследованиям комет и метеоров в 1935, 1937 и 1939 гг.

С 1937 г. Игорь Станиславович – доцент МГУ на кафедре кометной астрономии. Он был первым, кто создал отдельный курс метеорной астрономии. В 1937 г. такой курс читался им на математико-механическом факультете МГУ, а в дальнейшем в Саратовском, Ашхабадском, Одесском и Киевском университетах.

В 30-е годы И.С. Астапович начинает создавать концепцию развития метеорного явления, которая описана в книге «Метеорные явления в атмосфере Земли», вышедшей в 1958 г. В ней, в частно-



сти, показано, что путь метеора в атмосфере делится на три участка, на каждом из которых взаимодействие метеора с частицами воздуха и, соответственно, поведение метеора резко отличается от тех же явлений на соседних участках.

В начале Великой Отечественной войны И.С. Астапович ушел в народное ополчение и стал рядовым артдивизиона ПТО в 8-й Краснопресненской дивизии 32-й армии. После демобилизации в 1941 г. ректор МГУ направил его в Ашхабад, куда был эвакуирован университет. В 1942 г. МГУ реэвакуировался, однако И.С. Астапович остался, приняв предложение работать в Ашхабадском пединституте. С 1944 г. он работал в Туркменском филиале АН СССР, где в 1946 г. организовал астрофизическую лабораторию. В 1957-58 гг. под его руководством построена Астрофизическая обсерватория вблизи Ашхабада (курорт Фирюза).

Все это время И.С. Астапович проводил интенсивные наблюдения. За 1124 часа наблюдений в 1942-45 гг. им был получен ряд наблюдений о 16930 метеоров. В общей сложности архив ученого содержит сведения более чем о 40 000 метеоров и является непревзойденным в мировой практике.

При наблюдениях И.С. Астапович отмечал и фиксировал сразу множество параметров явления. При почти мгновенном пролете метеора он был способен запомнить несколько десятков всевозможных особенностей (очерченность метеора, угловая скорость и ее изменения, цвет и его перемены, наличие и форма следа, траектория среди звезд и т.д.). Память у него была поразительная.

Еще в начале прошлого века было обнаружено противосияние – очень слабое свечение в форме эллипса в направлении, противоположном Солнцу (Земля и Вселенная, 1991, № 6). С июля 1942 г. Астапович начал серию его наблюдений. Работа облегчалась превосходным ясным небом туркменской пустыни. Всего выполнено 214 наблюдений. Было отмечено непостоянство размеров и формы противосияния. Фотометрические наблюдения показали, что его яркость меняется на 20–30%. Аналогичные наблюдения проводила в Карелии сестра Игоря Станиславовича, В.С. Астапович. Она заметила, что яркость противосияния увеличивается во время сильных полярных сияний.

По отметкам координат центра противосияния, полученных с интервалом в несколько часов в течение одной ночи, был определен параллакс, а это позволило оценить расстояние и размеры. Выяснилось, что свечение возникает на высотах около 125 000 км, а ширина вдоль эклиптики около 32 000 км. Из этих наблюдений И.С. Астапович сделал вывод о существовании газового хвоста Земли, направленного от Солнца.

В период работы на Ашхабадской астрофизической обсерватории И.С. Астапович много сделал для развития молодой туркменской науки, его учениками были многие туркменские ученые. Он помогал и приезжим ученым. В числе воспитанников – П.А. Саврухин, Х.Д. Гульмедов, одессит Е.Н. Крамер. В 1954-55 гг. в Ашхабад для наблюдения метеоров приезжала студентка Горьковского университета Александра Константиновна Терентьева, в будущем жена и товарищ по работе Игоря Станиславовича, соавтор многих его статей.

И.С. Астапович был вице-президентом Туркменского географического общества, членом правления Общества по распространению знаний ТССР. Им прочитано свыше 1000 публичных лекций.

Особого упоминания заслуживают события катастрофического землетрясения 1948 г., разрушившего Ашхабад. Как вспоминает А.К. Терентьева,

И.С. Астапович по историческим данным и по разрушениям древних строений города вычислил периодичность повторения катастрофических землетрясений в районе Ашхабада и предсказал, что “землетрясение должно вот-вот случиться”. Это цитата из статьи, отосланной им в ашхабадский журнал. Однако редактор журнала ответил, что не может допустить публикацию, чтобы не вызвать паники. И.С. Астапович не настаивал, сказав лишь: “Я как ученый обязан изложить свои выводы, а вы как редактор, делайте то, что считаете нужным”. Во время землетрясения редактор погиб, а статья была извлечена из развалин, фразы о предсказании землетрясения в ней были вычеркнуты красным карандашом...

После Ашхабада И.С. Астапович по приглашению профессора В.П. Цесевича работал в Одессе, в 1959-61 гг. Он продолжал вести наблюдения телескопических метеоров, читал курсы лекций. Его лекции отличались глубиной, обстоятельным изложением материала. Общедоступные лекции сопровождались многочисленными иллюстрациями. Как вспоминал один из бывших студентов, М. Чудновский, на занятиях Игорь Станиславович давал необычные задания. Например, проверить правильность описания А.С. Пушкиным петербургских белых ночей:

*И не пуская тьму ночную
На золотые небеса,
Одна заря сменит другую
Спешит, дав ночи полчаса.*

После расчета оказалось, что действительно на широте Петербурга в это время года ночь продолжается полчаса.

В феврале 1961 г. И.С. Астапович возглавил экспедицию в Джанкой по наблюдению солнечного затмения.

В Одессе я поступил в аспирантуру к И.С. Астаповичу по метеорной астрономии. Научный руководитель уделял мне много внимания, но в 1961 г. он переехал в Киев, и общение затруднилось. Приходилось часто ездить в Киев



за консультациями и советами, шла оживленная переписка. Не удержусь, чтобы привести одну обширную цитату из письма И.С. Астаповича ко мне от 8 мая 1965 г.

"Мы с Вами не крупнейшие, да еще и не физики, но и такие люди тоже нужны, т.к. "крупнейшим" не было бы что делать! Ведь, согласно академику Крылову, мощь флота создают не только линкоры, но и тихоходные угольщики, которые возят линкорам топливо и без чего они мертвы! Старик понимал, что нужны все звенья структуры, от линкоров до катеров связи, которых сотни. Так и в науке, поэтому никак нельзя согласиться с Вашим пессимистическим заключением: "нужна ли вообще Ваша работа?" – конечно нужна! Известно, что, например, Харлоу Шепли достиг в астрономии величайших успехов, ни разу в жизни даже не написав ни одного интеграла. Так в чем же дело? Ответ: в целеустремленности, которой Вы как раз обладаете! Стало быть у Вас имеется залог успеха, залог того, что рано или поздно Вы достигнете желаемого. Ваша цель ясна: спектрофотометрия метеоров, задача эта нелегка..."

В 1963 г. Игорь Станиславович успешно защитил докторскую диссертацию.

В экспедиции по наблюдениям метеорного потока Леонид на Горной солнечной станции ГАО РАН в Кисловодске. 1965 г.

Основой диссертации послужила его монография "Метеорные явления в атмосфере Земли". Как вспоминает А.К. Терентьева, один из выступающих на защите, специалист по ракетной технике, сказал, что без этой монографии был бы невозможен запуск искусственных спутников. Возможно, что здесь есть некое полемическое преувеличение, но действительно, труды И.С. Астаповича были в то время единственным научным обоснованием для расчетов влияния атмосферы на поведение искусственных объектов, летающих на больших высотах.

Совместно с А.К. Терентьевой и сотрудниками Института теоретической астрономии АН СССР в Ленинграде Е.И. Казимирчак-Полонской и Н.А. Беляевым И.С. Астапович успешно решил небесномеханическую задачу о движении метеорного роя Леонид. Момент максимума звездного дождя в 1966 г. был ими предсказан с точностью до двух часов на основании векового смещения

долготы восходящего узла Леонид. И с фантастической точностью (до получаса) он был вычислен на основании результатов численного интегрирования уравнений движения с учетом планетных возмущений. Исследователями также дан прогноз встреч роя с Землей вплоть до 2000 года.

Последний период жизни ученого прошел в Киеве, там он был профессором Киевского университета. Несмотря на болезнь, ученый продолжал активно трудиться. Его навещали многие бывшие ученики, ставшие известными учеными, и коллеги.

Заслуги И.С. Астаповича отмечены орденами Трудового Красного Знамени и "Знак почета", медалью "За доблестный труд".

2 января 1976 г. его не стало. Но идеи, высказанные им в книгах и статьях, живут и развиваются. В частности, они нашли развитие в недавно вышедшей книге автора этой статьи "Спектры кратковременных атмосферных световых явлений: метеоры".

Идеи ученого продолжают жить среди людей.

В.А. СМЕРНОВ

кандидат физико-математических наук

Информация

Массовые вымирания и космические катастрофы

Группа австрийских геофизиков из Венского университета, руководимая Кристианом Кеберлем, проводила гравиметрическую и геомагнитную съемку в пустыне Калахари, в северо-западной части Южно-Африканской Республики. В районе Мороквена она обнаружила кратер, перекрытый более поздними геологическими напластованиями. Кратер принадлежит к числу крупнейших на планете: его размеры оцениваются от 120 до 340 км. Если верхняя оценка

окажется верной, кратер Мороквена станет самым большим образованием подобного типа на Земле.

Возраст пород, извлеченных бурением из кратера, оценивают в пределах 142,8–147,7 млн лет, что совпадает с датировкой границы между юрским и меловым периодами в истории Земли. В это время произошло массовое вымирание многих видов организмов, населявших до этого сушу и море. Не исключена связь между космической катастрофой, следы которой обнаружены в Калахари, и данным эпизодом в биологической истории Земли.

Такая связь достаточно уверенно прослеживается для другого случая массового вымирания видов, произошедшего на границе мелового и третичного периодов, 65 млн лет. Ответственным за это

событие считается астероид, упавший в это время в районе полуострова Юкатан. Он оставил кратер поперечником от 180 до 280 км.

Недавно канадские геологи, возглавляемые Ричардом Боттомли, установили, что возраст кратеров Попигай и Чесапик Бей составляет ок. 35,2–35,7 млн лет (Земля и Вселенная, 1998, № 1), что соответствует границе эоцен – олигоцен, когда произошло резкое изменение климата с похолоданием океанов и появлением ледникового покрова в Антарктиде, а также наиболее сильное вымирание биологических видов после исчезновения динозавров.

По материалам

Geology, 1997, 25, 8, 731

Science News, 1997, 152, 5, 71

Первая карта магнитного поля звезды

Сотрудникам Национальной радиоастрономической обсерватории в Сокорро (штат Нью-Мексико, США) удалось построить карту магнитного поля переменной звезды TX Cam в созвездии Жирафа. Расстояние до нее около 1000 све-

товых лет. Это первая звезда, не считая, конечно, Солнца, для которой сделана подобная карта.

Использовалась сеть радиотелескопов, распределенных по всей территории США (метод радиointерферометрии на сверхдлинных базах). Это позволило измерить поляризацию радиоволн, испускаемых молекулами окиси кремния, находящимися в различных точках

атмосферы звезды. А поляризация зависит от величины и направления магнитного поля в данной точке. Как и ожидалось, магнитное поле звезды по своему строению похоже на солнечное. Возможно, характер магнитного поля вообще одинаков для всех обычных звезд.

New Scientist, 1997, 154, 13

Иоганнес Винклер – один из пионеров ракетной техники и космонавтики

Иоганнес Винклер (Johannes Winkler) родился 29 мая 1897 г. в городе Карлсруэ в верхней Силезии (ныне польский город Покой) в семье столяра. У него рано проявились изобретательские способности и склонность к занятиям техникой. В 1904-1909 гг. Иоганнес учился сначала в народной, затем в реальной школе, проводя все свободное время на учебном плацу. Интересовался он также астрономией. Этому способствовало очередное появление на небе кометы Галлея в 1910 г. С 1911 г. до весны 1915 г. Иоганнес учился в гимназии. В июне 1915 г. он ушел добровольцем на фронт, участвовал в боях, в марте 1916 г. получил тяжелое ранение. После семимесячного лечения в госпитале Винклер вернулся к учебе. Свой 21-й день рождения он отметил в Данциге (ныне Гданьск) сдачей экзамена на аттестат зрелости.

Затем в течение двух семестров (1908-09 гг.) Винклер изучал машиностроение в Высшей технической школе в Данциге. Он ходил на занятия по вечерам, работая днем в конструкторском бюро Кайзеровской верфи, занимавшейся строительством подводных лодок.

В последующие годы, следуя желанию родителей, а также своему внутреннему убеждению, Винклер изучал в университетах Бреслау (ныне Вроцлав) и Лейпцига теологию, одновременно посещая лекции по естественнонаучным и техническим дисциплинам. В октябре

1922 г. сдал экзамен и получив степень кандидата теологии, он уехал в Виттен на Руре, где работал в управлении церквями.

Еще гимназистом Винклер прочитал романы Ж. Верна "С Земли на Луну" и "Вокруг Луны", которые произвели на него неизгладимое впечатление. Однако импульсом к изучению проблем ракетной техники и космонавтики стало его знакомство в 1926 г. с фантастическими романами О.В. Гайла "Камень с Луны" и "Выстрел в мировое пространство".

Винклер углубился в труды известных немецких пионеров космонавтики Г. Оберта, М. Валье, В. Гомана. Мысль о технической возможности преодолеть земное притяжение и выйти в космос настолько захватила его, что он решил провести необходимые эксперименты и построить ракетный летательный аппарат. Но начал он с распространения идеи космической ракеты в широких кругах общественности Германии, пытаясь увлечь поисками решений теоретических и практических проблем космонавтики.

В январе 1927 г. Винклер основал "Немецкую молодежную газету" ("Deutsche jugendliche Zeitung"), преобразованную в журнал "Ракета" ("Die Rakete") 15 апреля того же года. Пропагандистская деятельность издателя и редактора "Ракеты", его стремление сплотить энтузиастов ракетной техники не остались незамеченными. Вскоре он

получил предложение от журналиста Вилли Лея принять участие в организации Общества космонавтики (Verein fuer Raumschiffahrt) – первого в Германии и одного из первых космических обществ в мире. Учредительное собрание общества состоялось 5 июля 1927 г. в Бреслау. Первоначально предполагалось возложить обязанности председателя на М. Валье, но поскольку тот отказался от них (из-за своих частых поездок с докладами и лекциями), то первым главой Общества был избран Винклер. Официальным печатным органом Общества стал журнал “Ракета”.

Под руководством Винклера общество быстро росло. У его истоков стояли 10 учредителей, а через полгода в нем было уже 500, а к сентябрю 1929 г. – 870 членов.

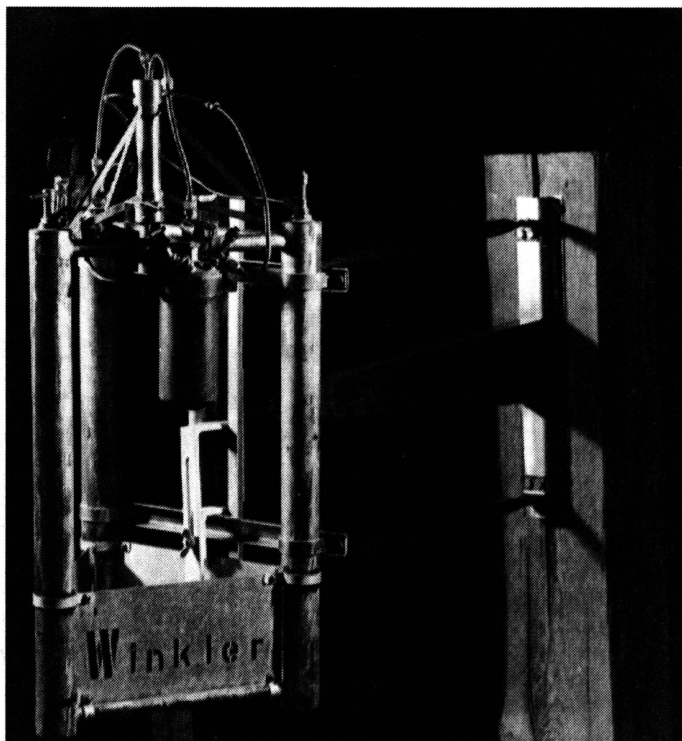
Практические эксперименты в области ракетной техники Винклер начал с пороховых ракет, но скоро понял, что для осуществления космического полета более перспективны ракеты на жидком топливе. В 1928 г. он приступил к систематическим опытам с жидкостными ракетами. В 1929 г. Винклер решил оставить службу в управлении церквами и полностью сосредоточил внимание на вопросах теории и практики ракетостроения. В сентябре того же года он принял предложение принять участие в качестве инженера-испытателя в разработках стартовых ракетных ускорителей на жидком топливе для самолетов-гидропланов, проводившихся в лаборатории профессора Г. Юнкерса в Дессау. Правда, при этом ему пришлось пожертвовать своей деятельностью в Обществе космонавтики – таково было условие, поставленное генеральным директором фирмы Юнкерс.

В рамках шестимесячного контракта Винклер классифицировал все известные тогда пороховые ракеты, используя специальную контрольно-измерительную аппаратуру для регистрации их характеристик. Затем он приступил к экспериментам, изготовив цилиндрическую камеру сгорания с длинным кони-



ческим соплом. Для тепловой защиты ее стенок он использовал тонкий слой магнетитового огнеупорного материала. Итогом экспериментов стали натурные испытания гидросамолета с ракетными двигателями.

Параллельно с созданием ракетных ускорителей Винклер продолжал вынашивать планы сборки жидкостного ракетного двигателя (ЖРД). Устройство его камеры сгорания он впервые описал в статье, опубликованной в мартовском номере журнала “Ракета” за 1929 г. А в течение следующего года Винклер, оборудовав в Дессау маленькую мастерскую, вместе с опытным механиком А. Бауманом строил и испытывал жидкостную ракету. Финансовую поддержку ему оказал владелец шляпной фабрики Г. Хюккель. Готовая к летным испытаниям, в феврале 1931 г. ракета получила наименование HW-I (Hueckel – Winkler). По форме это была трехгранная призма, составленная из 3-х частично закрытых алюминиевой обшивкой трубообразных баков. В каждом из них находились компоненты топлива (жидкий кислород и сжиженный метан) и сжатый азот, под давлением которого горючее и окислитель подавались в камеру сгорания ЖРД. Она была располо-



Модель ракеты HW-I. Немецкий музей техники (г. Мюнхен)

жена между баками по оси ракеты. Сопло в самом узком месте камеры сгорания имело керамическое покрытие. Стартовый вес составлял около 5 кг, вес топлива – около 1,7 кг. Длина – 60 см, длина ЖРД – 45,7 см. Модель ракеты, изготовленная преимущественно из элементов подлинной конструкции, хранится в Немецком музее техники в Мюнхене.

Первый пробный старт ракеты HW-I состоялся 21 февраля 1931 г. на учебном плацу под Дессау: из-за технических неполадок она взлетела только на три метра. Вскоре после неудачного испытания – 7 марта 1931 г. – Винклер, взяв двухгодичный отпуск, покинул лабораторию Г. Юнкерса. Теперь он полностью сосредоточился на отработке и испытаниях проектируемых им ракетных конструкций.

Неделю спустя (14 марта) во время повторного экспериментального пуска ракета HW-I совершила успешный полет. Электрическое зажигание было применено с расстояния 50 м. Ракета поднялась на высоту 60 м, затем отклонилась от вертикали и, прежде чем

упасть, преодолела расстояние в 100 м. По мнению Винклера, не отклонись ракета от вертикального полета, она взлетела бы на высоту в 500 м.

Это был первый успешный полет первой европейской жидкостной ракеты. Он был запечатлен на киноленту: Нью-йоркская кинокомпания "Paramount News" сняла о нем звуковой фильм, единственный из сохранившихся до наших дней.

Для изучения возможности стабилизации ракеты в полете Винклер провел 28 марта и 7 апреля 1931 г. еще два экспериментальных запуска. Конструкция ракеты к тому времени претерпела изменения – на нижних концах труб были прикреплены стабилизаторы. Усовершенствованная модификация получила наименование HW-Ia. В дальнейшем Винклер построил еще две модификации своей первой ракеты: HW-1b имела улучшенную аэродинамическую форму и три коротких стабилизатора прямоугольной формы, а HW-1c – длинные, закругленные сверху стабилизаторы. Но испытания прошли не совсем удачно.

С сентября 1931 г. Винклер продол-

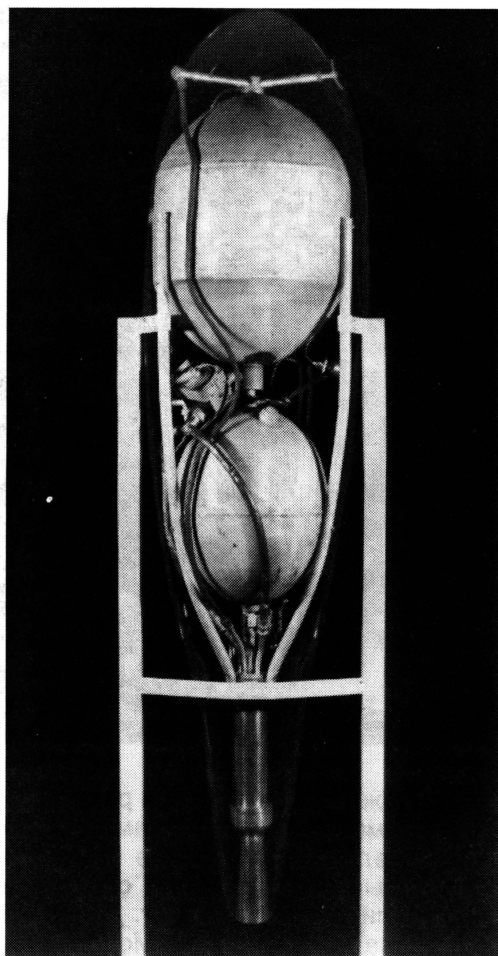
жил свои эксперименты на Ракетном полигоне в пригороде Берлина Райникендорф (Raketenflugplatz Berlin-Reinickendorf). В его планы входило строительство жидкостной ракеты больших размеров. Предварительная разработка ее конструкции началась по желанию Г. Хюккеля еще в мае 1931 г. Если опыты с ракетой HW-I доказали возможность полета аппарата с ЖРД, то новая ракета должна была продемонстрировать лучшие характеристики по сравнению с твердотопливными.

Наряду с Винклером в строительстве ракеты HW-II участвовали Р. Энгель и Х. Шпрингер, ранее работавшие в ракетной группе Р. Небеля, и К. Бермюллер из конструкторской группы К. Риделя.

Ракета HW-II имела традиционную аэродинамическую форму длиной 1,9 м и максимальным диаметром 40 см. Внутри корпуса, выполненного из тончайшей стали, один над другим размещались топливные баки; камера сгорания и сопло ЖРД находились в хвостовой части. Там же снаружи располагались стабилизаторы трапецевидной формы. Вес ракеты на старте составлял 43 кг, запас топлива весил 34 кг, в том числе жидкий кислород – 32 кг, сжиженный метан – 4 кг. Предполагалось, что ЖРД в течение 49 с разовьет тягу 96 кгс. Топливные клапаны ракеты изготавливались из нового сплава алюминия с магнием – электрона. Расчетная высота полета – 5 км. Для замера высоты на ракете был установлен барограф. Предусмотрено возвращение HW-II на Землю на парашюте.

Для своего времени HW-II была самой крупной и мощной ракетой, отличавшейся высоким техническим совершенством. Соотношение полной и сухой масс конструкции равнялось коэффициенту 4,6 и оставалось непревзойденным до 1943 г. HW-II вмещала топлива в 20 раз больше, чем HW-I и при этом была тяжелее только в три раза.

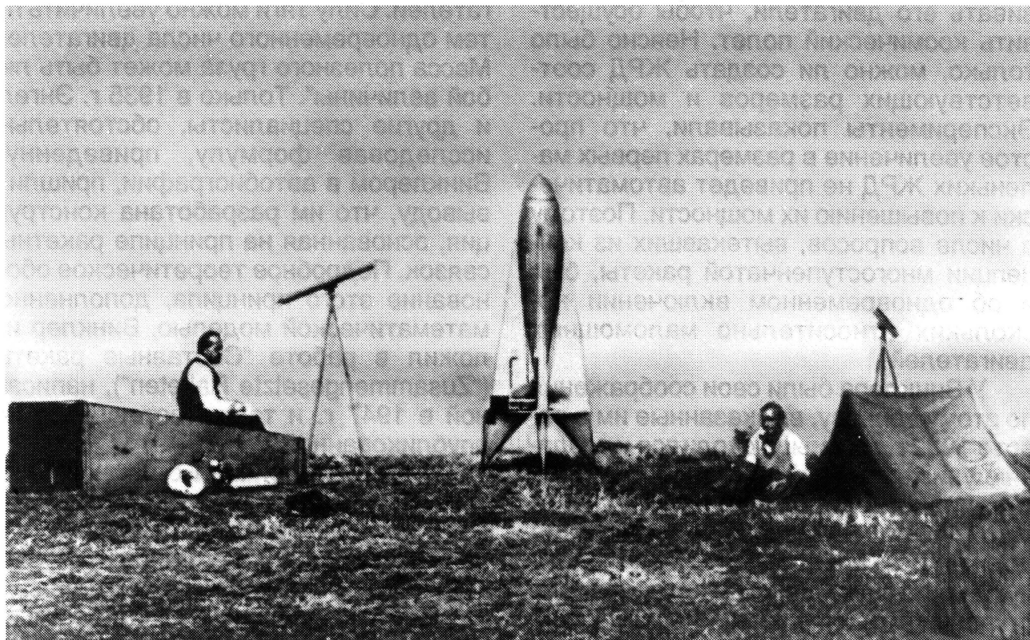
После проведения с января по май 1932 г. более 20 стендовых испытаний началась подготовка ракеты к полету,



назначенному на 6 октября 1932 г. Местом испытаний после долгих переговоров с властями (ракетный полигон в Берлине оказался мал) выбрали район на Балтийском побережье в Восточной Пруссии.

Еще во время заполнения топливных баков Винклер и Энгель заметили, что пусковые клапаны горючего и окислителя (из-за коррозии под действием морского воздуха) неплотно закрыты. Но поскольку к началу испытаний собрались многочисленные зрители, в том числе именитые гости из руководства Кенигсберга, они решили рискнуть и, несмотря на опасность, осуществить старт.

Непосредственно перед пуском была предпринята попытка продуть корпус ракеты сжатым азотом, чтобы вы-



теснить скопившуюся между внешней оболочкой и топливными баками смесь газов. Но до включения зажигания газы успели вновь скопиться – ракета взорвалась, едва достигнув высоты 15 м.

Неудача во время испытаний повергла Винклера в отчаяние – Хюккель отказался финансировать его дальнейшие работы.

В течение нескольких месяцев Винклеру пришлось пережить безработицу и безденежье. 11 августа 1933 г. он получил должность инженера-испытателя на авиационном заводе Юнкерса. Там им была продолжена разработка ракетных ускорителей для самолетов. После приостановления этих работ, незадолго до начала второй мировой войны, 1 июля 1939 г. Винклер был направлен в Брауншвейг в немецкий Авиационный исследовательский центр – одно из научных учреждений Военно-воздушных сил Германии. С апреля 1941 г. по 30 июня 1945 г. он возглавлял отдел Центра.

Позднее он основал частное инженерное бюро и выступал с докладами на тему: «От атомной бомбы к космическому кораблю». Осенью 1943 г. Винклер перенес инфаркт сердца в легкой

Перед запуском ракеты HW-II. 6 октября 1932 г.

форме. После второго инфаркта 27 декабря 1947 г. он скончался.

Неудачные испытания ракеты HW-II осенью 1932 г. стали последним этапом самостоятельных экспериментальных работ Винклера в области ракетной техники. Впоследствии он занимался только теоретическими исследованиями. Их итоги, а также свои взгляды на возможности и перспективы развития ракетной техники обобщены им в рукописи «Реактивный мотор» («Der Strahlmotor»), написанной в декабре 1932 г. Автор не предпринимал никаких попыток издать ее, поскольку считал преждевременным знакомить широкие круги читателей и специалистов со своими выводами. По-видимому, он стремился избежать возможных заимствований. Винклер считал, что накопленные им знания дают ему хороший шанс добиться выдающихся результатов.

В конце 20-х годов ракетчики уже четко представляли, каких размеров должен быть ракетный летательный аппарат (ЛА) и какую тягу должны раз-

вивать его двигатели, чтобы осуществить космический полет. Неясно было только, можно ли создать ЖРД соответствующих размеров и мощности. Эксперименты показывали, что простое увеличение в размерах первых маленьких ЖРД не приведет автоматически к повышению их мощности. Поэтому в числе вопросов, вытекавших из концепции многоступенчатой ракеты, был и об одновременном включении нескольких относительно маломощных двигателей.

У Винклера были свои соображения по этому вопросу, высказанные им в работе 1932 г. Их смысл сводился к созданию универсальной – “стандартной” (по терминологии Винклера) ракеты с ЖРД тягой 10 т. Ракетно-космический ЛА должен был представлять собой сложную составную конструкцию, каждая ступень которой, в свою очередь, образовывалась связками “стандартных” ракет. Двигатели каждой связки включались одновременно и, после выгорания в них топлива, они отделялись. Идея Винклера была вариантом конструктивной схемы “ракетный пакет”.

Не желая высказывать эту идею прямо и в то же время заботясь о своем приоритете в решении проблемы составной ракеты, Винклер придал ей в автобиографии, включенной в сборник “Люди ракеты” (“Maenner der Rakete”, 1933 г.), довольно завуалированную форму: “Высокие летные характеристики ракеты, то есть такие, какие не в состоянии обеспечить один ракетный двигатель, могут быть получены при помощи большого числа одинаковых дви-

гателей. Силу тяги можно увеличить путем одновременного числа двигателей. Масса полезного груза может быть любой величины”. Только в 1935 г. Энгель и другие специалисты, обстоятельно исследовав формулу, приведенную Винклером в автобиографии, пришли к выводу, что им разработана конструкция, основанная на принципе ракетных связок. Подробное теоретическое обоснование этого принципа, дополненное математической моделью, Винклер изложил в работе “Составные ракеты” (“Zusammengesetzte Raketen”), написанной в 1947 г. и также оставшейся неопубликованной.

И. Винклер оказал огромное влияние на развитие ракетной техники и распространение идеи ракетно-космического полета в Германии в период 1927-32 гг. В то время он был наряду с Г. Обертом крупнейшим немецким исследователем проблем ракетной техники. Настойчиво шел он своим путем в ракетостроении – в отличие от многих ракетчиков никогда не пропагандировал оружия. Внешне спокойный и скромный человек, ученый всю жизнь оставался верен заповеди: в победе или в поражении нужно снова и снова отваживаться на следующий шаг. В ознаменование научных заслуг Винклера в 1970 г. один из кратеров на обратной стороне Луны был назван его именем. В 1976 г. имя И. Винклера увековечено в Международном космическом зале славы в Сан-Диего (США).

Т.Н. ЖЕЛНИНА

Первые американские обезьяны-астронавты

К. БУРГЕСС,
С. ВОГХЭН (США)*

Еще совсем недавно ученые полагали, что звуковой барьер – непреодолимая для людей стена скорости. Лишь в 1947 г. на экспериментальном ракетном самолете “Bell-X-1” американский пилот Чак Йгер сумел преодолеть звуковой барьер. Однако вылазки в неизвестное и враждебное пространство, в невиданные скорости, как и раньше, вызывали трепет и призывали к крайней осторожности.

До запуска человека в космос были проведены экспериментальные полеты: в СССР – собак (Земля и Вселенная, 1997, № 6), а в США – обезьян. 31 января 1961 г. в космосе побывал шимпанзе Хэм. Его полет, осуществленный ракетой-носителем “Redstone” по программе “Mercury”, предшествовал полету первого американского астронавта Алана Шепарда 15 мая 1961 г.

К 1943 г. в Германии была создана первая в мире баллистическая ракета “V-2” (А-4), способная поднять груз, в том числе и научную аппаратуру, в стратосферу. Одним из руководителей по разработке А-4 был В. фон Браун.

В 1945 г. выдающийся немецкий конструктор Вернер фон Браун со своими специалистами был переведен с ракетной базы в Пенемюнде (Германия) в США. В его распоряжение предостави-

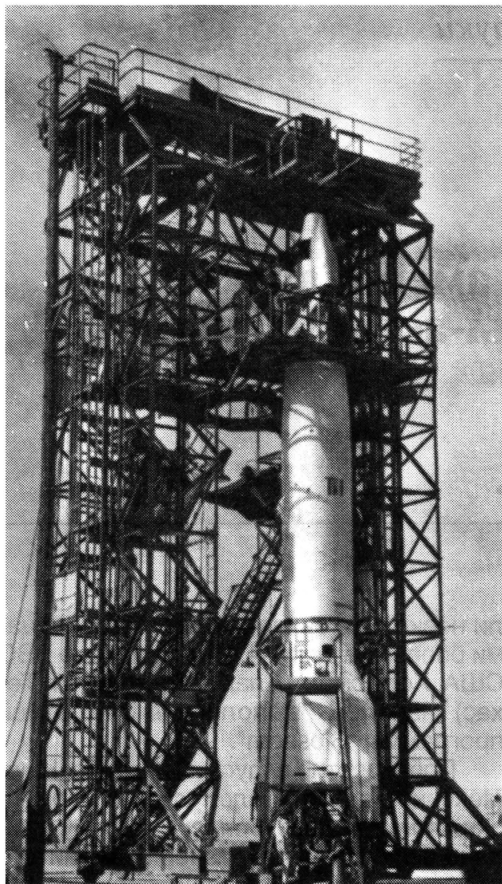
ли несколько захваченных американцами боевых ракет А-4, и на авиабазе ВВС США Холломан (Аламагордо, штат Техас) началось выполнение секретной программы “Blossom”.

Поблизости, в пустыне штата Нью-Мексико, располагался старый армейский полигон Уайт-Сендс, которому суждено было стать предтечей знаменитого космодрома на мысе Канаверал. На полигоне планировалось выполнить серию запусков по проекту “Blossom”. Целью запусков были проверка отделения от ракеты экспериментального отсека в верхних слоях атмосферы и изучение возможности спуска его на парашюте с комплектом измерительных приборов.

Но командование ВВС США решило использовать эти эксперименты для выяснения вопроса выживания человека при кратковременном пребывании в стратосфере. Основное беспокойство вызывали необычные факторы космического полета – мощная сила ускорения и вибрации, возникающие при запуске, невесомость на орбите и значительные перегрузки во время старта и приземления.

В медицинской лаборатории на авиационной базе имени братьев Райт готовили пилотов-обезьян (макаки-резус) для пробных запусков. Сроки были поставлены весьма жесткие – экспериментальные полеты намечались на июнь 1949 г.

* Ж-л “Spaceflight”, 1996, № 7 (сокращенный перевод Б.И. Силкина).



Экспериментальная ракета А-4 на старте (июнь 1948 г.) при подготовке к полету обезьяны по проекту "Blossom"

начал спуск. Но парашют раскрылся слишком поздно – только в 8 км от поверхности. Большая скорость падения вызвала резкий рывок, парашют разорвало в клочья, головной отсек разбился и обезьяна погибла.

Лишь через год американские инженеры подготовили новые эксперименты. К этому времени они разработали удлиненный носовой отсек, позволявший разместить больше приборов. Зверьку надели специальную дыхательную маску, сконструировали заново и парашют.

14 июня 1949 г. ракета А-4 взмыла в воздух и другая обезьяна была доставлена на высоту 133 км. Телеметрия передала много ценных сведений о ее поведении. Но снова произошла авария: на 340 с полета капсула рухнула на землю после отрыва от нее при спуске нового парашюта. Удар оказался настолько сильным, что образовался кратер глубиной 1,5 м, а Альберт-2 погиб.

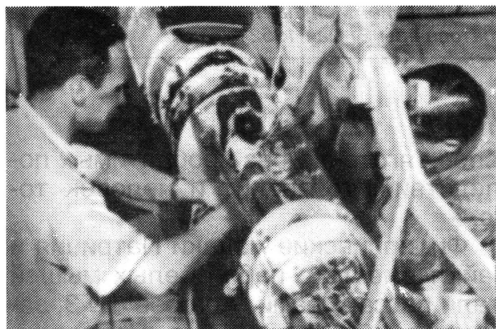
Главный вопрос – вынесет ли человек полет в космос – оставался откры-

Все системы жизнедеятельности, в том числе приборы для регистрации пульса и дыхания, помещались в носовом отсеке ракеты в алюминиевой капсуле вместе с обезьяной. Немало хлопот вызвала система поддержания в кабине необходимого давления (из-за недостаточной ее герметичности). Программу называли "Альберт" – по имени первой запущенной на ракете обезьянки.

За 45 мин до первого старта 11 июня 1948 г. обезьяне был сделан обезболивающий укол, а в тело вживлены электроды, контролирующие кровяное давление и дыхание. Затем Альберта (его вес – 3,5 кг) поместили в крошечную кабинку. Капсулу с животным установили в отделяемом носовом отсеке баллистической ракеты А-4. На высоте 62 км согласно графику полета головной отсек благополучно отделился и

Таблица запусков геофизических ракет США по биологической программе

Даты стартов	Ракета	Стартовый вес (кг)	Высота полета (км)	Дальность (км)
11 июня 1948 г.	А-4 № 37	13529	62	27
14 июня 1949 г.	А-4 № 47	13685	133	6
16 сентября 1949 г.	А-4 № 32	13081	4,8	0,8
12 декабря 1949 г.	А-4 № 31	13469	126	60
18 апреля 1951 г.	"Aerobee-12"	7520	104	45
20 сентября 1951 г.	"Aerobee-19"	7536	71	30
21 мая 1952 г.	"Aerobee-26"	7540	62	23



Техники проверяют системы капсулы ракеты с Альбертом-5 (18 апреля 1951 г.)

тым. Через три месяца (16 сентября) состоялся запуск Альберта-3. И опять успех ускользнул из рук экспериментаторов: на 16 с полета в хвостовом отсеке ракеты раздался первый взрыв, а через 14 с – второй, затем ракета рассыпалась на куски...

Лишь 12 декабря 1949 г. Альберт-4 благополучно поднялся на высоту 126 км. Все бортовые системы работали безупречно, телеметрия снабжала ученых информацией о параметрах функционирования организма обезьяны. Но снова подвела парашютная система, скорость падения превысила расчетную, четвероукий "астронавт" погиб...

Пришлось перейти к экспериментам с геофизическими ракетами "Aerobee", разработанными в США. Первый запуск ракеты в биологических целях (с Альбертом-5) произвели на полигоне Уайт-Сендс 18 апреля 1951 г. Хотя парашютную систему проектировали в который раз заново, она опять не сработала... Не-

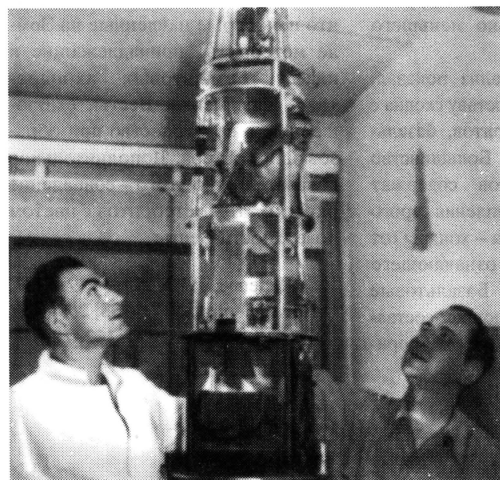
счастливая обезьянка вместе с несколькими подопытными мышками разбилась.

Группа исследователей находилась на грани отчаяния. Они создали систему из двух парашютов, значительно замедляющих стремительное падение. Первый (диаметр – 2,5 м) состоял из отдельных лент, переплетенных металлической сеткой с целью слежения радиолокатором за ходом спуска. Затем должен был раскрыться второй (диаметр – 4 м) на 50-км высоте и погасить скорость снижения до приемлемого уровня.

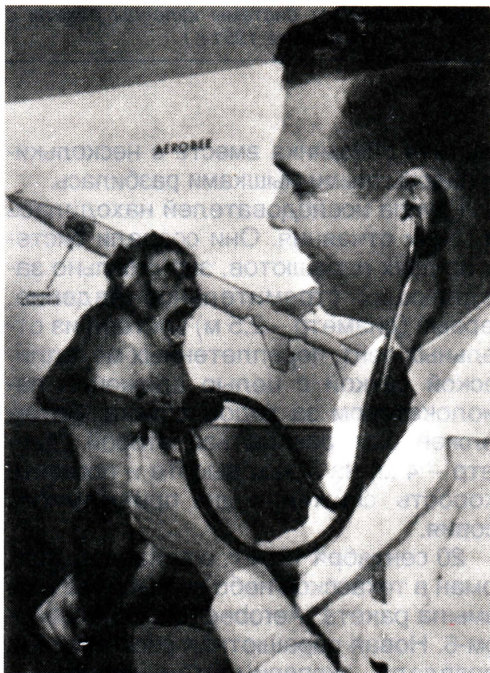
20 сентября 1951 г. с авиабазы Холломан в техасское небо на высоту 71 км взмыла ракета "Aerobee" № 2 с Альбертом-6. Новая парашютная система себя оправдала, экспериментальная капсула приземлилась, телеметрический сигнал, поступивший из пустыни, сообщил: Альберт-6 жив! После длительных поисков капсулу обнаружили и испуганная обезьяна оказалась на руках у людей. Однако перегрев не снабженной кондиционером воздуха кабины под безжалостным солнцем пустыни оказался роковым – Альберт-6 вскоре погиб от теплового удара.

В Аэромедицинской лаборатории решили продолжать опыты, ставя их не только на приматах, но и на мышах. Эти животные как бы дополняли друг друга: обезьяны под наркозом могли давать ценную информацию о сложной реакции организма на большие ускорения и нулевое тяготение, а мыши – без применения успокоительных средств – хорошо приспособлены для проверки других, более примитивных физиологических функций.

Результаты экспериментов с мышами, поднятыми на последней из ракет А-4 и совершившими странствие вместе с Альбертом-6, показали – кратковременная невесомость вызывала у обезья-



Макака Майкл в капсуле при подготовке к полету в 1952 г.



Обследование Майкла после возвращения из стратосферы 21 мая 1952 г.

ян некоторую потерю ориентации из-за испуга, мыши же безмятежно плавали по воздуху в невесомости. Это отчетливо зафиксировала фотокамера. Если мыши смогли перенести ну-

левое тяготение без необратимых последствий, то значит и человек тоже.

Филиппинские макаки Патриция и Майкл вместе с парой белых мышей стали пассажирами "Aerobee" № 3, запущенной 21 мая 1952 г. Предварительно их не только анестезировали, но и укутали в пеленки, привязав и уложив в своеобразные постели из губчатой резины. Подопытные обезьянки вернулись в отличном состоянии. Оказалось, что их кровеносная и дыхательная системы работали безукоризненно как на высоте 62 км, так и при спуске.

Первые робкие эксперименты с приматами свидетельствовали о том, что принципиальных препятствий для пребывания человека в невесомости не существует. Путь в "занебесье" для человека открыт... Впереди было и знаменитое гагаринское "поехали!", и первые шаги Нила Армстронга по Луне...

Информация

Посланцы Весты на Земле

В конце 1996 г. малая планета № 4, Веста, подошла к Земле на самое близкое расстояние за последнее десятилетие. Астроном Питер Томас с коллегами (Корнеллский университет, США) провел ее детальные наблюдения с помощью Космического телескопа им. Хаббла. Удалось обнаружить, что на поверхности этого астероида

есть кратер диаметром 460 км и глубиной 13 км – огромное образование для небесного тела поперечником 530 км. Он мог возникнуть при столкновении Весты с другим астероидом, несколько меньшего размера.

Спектральный анализ показал, что Веста по своему составу сходна с редким типом метеоритов, **базальтовыми ахондритами**. Большинство каменных метеоритов содержат мелкие округлые вкрапления серого или коричневого цвета – хондры (от греческого слова, означающего "пшеничное зерно"). Базальтовые ахондриты, их не имеющие, составляют не более 6% от всех метеоритов, падающих на Землю.

При столкновениях астероидов образуются обломки, которые, странствуя в Космосе, могут встретиться с Землей и упасть на ее поверхность. П. Томас считает, что некоторые найденные на Земле метеориты, принадлежащие к классу базальтовых ахондритов – фрагменты Весты, выброшенные в пространство при образовании кратера. Дополнительное доказательство этого – совпадение окраски этих метеоритов с цветом поверхности Весты.

Science, 1997, **277**, 5329, 5331,
New Scientist, 1997, **155**, 2099, 27,
Science News, 1997, **152**, 12, 184

Полет станции "Мир" продолжается (2-е полугодие 1997 г.)*

Крупнейшая за всю историю эксплуатации орбитального комплекса "Мир" авария – столкновение транспортного грузового корабля (ТГК) "Прогресс М-34" со станцией 25 июня 1997 г. в 12 ч 25 мин** – вызвала широкий резонанс мировой общественности. Резко повысился интерес к событиям на орбите, к работе космонавтов. В погоне за сенсацией пресса не всегда верно трактовала информацию, излишне драматизируя ситуацию. Но специалисты точно установили ход событий.

Проскочив мимо стыковочного узла на модуле "Квант", "Прогресс М-34" столкнулся с одной из солнечных батарей модуля "Спектр". Сломав батарею, ТГК отколошмил к корпусу "Спектра", смял радиатор системы терморегулирования. Были определены три места возможного нарушения герметичности модуля. Разгерметизация "Спектра" – это потеря части обитаемого объема станции и размещенного в нем научного оборудования. В результате аварии орбитальный комплекс лишился существенной доли электроэнергии (из 10 работающих на "Мире" солнечных батарей (СБ) 4 находятся на модуле "Спектр").

Восстановление "Спектра" происходило в два этапа. Задача первого этапа – подключение трех уцелевших батарей модуля к системе энергоснабжения станции. На втором этапе экипаж должен был восстановить герметичность модуля, чтобы вернуть его в состав комплекса в качестве жилого и рабочего отсека. В чрезвычайно сжатые сроки специалисты опре-

делили пути решения первого этапа и изготовили необходимое оборудование.

Когда после столкновения экипаж 23-й основной экспедиции (ЭО-23) закрывал люк в аварийный "Спектр", пришлось расстыковать электрические кабели, проходящие через люк. Чтобы их состыковать не нарушая герметичности, придумали специальное приспособление – гермоплату. Электроразъемы размещены на гермоплате с обеих сторон, а она устанавливается в конусной крышке, которая служила для приема модулей на боковые стыковочные узлы переходного отсека базового блока "Мира".

В Ракетно-космической корпорации "Энергия" изготовили гермоплату и доставили ее на космодром Байконур для запуска на грузовом корабле. 5 июля 1997 г. в 7 ч 11 мин 54 с стартовал "Прогресс М-35", а 7 июля в 8 ч 59 мин 24 с он причалил к станции "Мир".

И на Земле, и в космосе готовились к работе в разгерметизированном модуле. В гидролаборатории Центра подготовки космонавтов им. Ю.И. Гагарина (ЦПК) эти операции отрабатывал экипаж ЭО-24 – А. Соловьев и П. Виноградов. Выход в "Спектр" В. Циблиева и А. Лазуткина намечался на 18–19 июля.

Однако, во время медицинского обследования 14 июля врачи у В.В. Циблиева обнаружили отклонения в деятельности сердечно-сосудистой системы (сердечная аритмия). Учитывая, что многочасовая работа в скафандре требует большого физического напряжения, врачи не разрешили ему участвовать в восстановительных работах "Спектра". Для полного восстановления работоспособности космонавта они отводили две недели.

16 июля космонавты готови-

лись к выходу в модуль "Спектр". Около полуночи случайно кто-то из экипажа разомкнул электроразъем кабеля, по которому поступает информация от Центрального вычислительного комплекса станции. "Ослепший" компьютер тщетно искал выход из ситуации и дал команду на выключение системы ориентации. Условия освещенности СБ стали ухудшаться, поэтому уменьшился приток электроэнергии. В результате падения напряжения в сети энергоснабжения пришлось отключить бортовые системы станции. С помощью микродвигателей корабля "Союз" станцию "закрутили" таким образом, чтобы она, вращаясь, периодически подставляла Солнцу панели батарей. Аккумуляторные батареи станции постепенно стали заряжаться, что позволило запустить все 7 бортовых вычислительных комплексов, включить систему ориентации и управления движением "Мира". К утру 18 июля станцию привели в работоспособное состояние. Еще ночь потребовалась на проверки и "раскрутку" гироскопов (силовых гироскопических стабилизаторов), способных держать точную ориентацию.

19 июля экипажу во время очередного сеанса связи сообщили о предложенных РКК "Энергия" и ЦПК изменениях программы полета. Восстановление системы энергоснабжения от "Спектра" поручалось следующей экспедиции, полет французского астронавта по программе "Пегас" перенесен на начало 1998 г., сокращалась на две недели предстоящая пересменка экипажей на орбите. Это вызвано недостатком электропитания, поэтому полностью французскую программу экспериментов выполнить было невозможно. Решили, что "Союз ТМ-26" полетит в двухместном варианте, а пустующее

* Продолжение. Начало см.: 1997, №№ 3, 6.

** Далее везде приведено декретное московское время.

Экипаж 24-й основной экспедиции на ОК "Мир", слева на право: П.В. Виноградов, В. Лоренс (США), А.Я. Соловьев и Л. Эйартц (Франция)

место займет ремонтное оборудование.

30 июля в ЦПК были представлены два экипажа, проходившие подготовку по программе ЭО-24.

Командиром первого экипажа назначили космонавта 1-го класса полковника **Анатолия Яковлевича Соловьева**. Он родился 16 января 1948 г. в Риге, работал с шестнадцати лет на одном из рижских предприятий, одновременно учась в школе рабочей молодежи. В 1968 г. поступил в Черниговское высшее военное авиационное училище, затем служил на Дальнем Востоке. В отряде космонавтов с 1976 г. В 1977 г. окончил школу летчиков-испытателей. Военный летчик 1-го класса, летчик-испытатель 2-го класса.

В активе А.Я. Соловьева четыре космических полета общей продолжительностью 453 сут 06 ч 28 мин: 7–17.06.1988 г. – “Союз ТМ-5”/“Мир”/“Союз ТМ-4”, 11.02–9.08.1990 г. – “Союз ТМ-9”/“Мир” (ЭО-6), 27.07.1992 г. – 1.02.1993 г. – “Союз ТМ-15”/“Мир” (ЭО-12), 27.06.–11.09.1995 г. – “Атлантис” (STS-71)/“Мир”/“Союз ТМ-21” (ЭО-19). Выполнил 9 выходов в открытый космос общей длительностью 42 ч 38 мин.

Бортинженер первого экипажа **Павел Владимирович Виноградов** в космосе не был. Он родился 31 августа 1953 г. в Магадане. После школы год работал токарем на Московском машиностроительном заводе “Красный Октябрь”. В 1977 г. окончил факультет летательных аппаратов МАИ и до 1983 г. трудился в научно-исследовательской лаборатории этого института. В 1980 г. окончил еще один факультет МАИ – систем автоматизированного проектирования. С 1983 г. работает в РКК “Энергия”. Участвовал в разработках проектных и методических вопросов подготов-



ки экипажей. В отряде космонавтов с 1992 г. Его дважды включали в состав первого экипажа.

В составе первого экипажа готовился французский астронавт **Леопольд Эйартц** для 23-сут экспедиции на “Мир”, но руководители программы сочли целесообразным отложить его полет на 1998 г.

Американка **Вэнди Лоренс** в составе экспедиции посещения по программе “Мир–NASA” рейсом корабля “Атлантис” (STS-86) должна была присоединиться к ЭО-24. В длительный полет на “Мир” вместо В. Лоренса NASA назначило ее дублера Дэвида Вулфа. Это решение вызвано тем, что из-за сложности планировавшихся выходов в открытый космос необходимо, чтобы все три члена экипажа имели сертификат на проведение таких работ. Также В. Лоренс вследствие ее небольшого роста (160 см) не подходил стандартный скафандр, находящийся на станции.

Во второй экипаж КК “Союз ТМ-26” вошли: подполковник Геннадий Иванович Падалка (не летавший в космос) и космонавт 2-го класса Сергей Васильевич Авдеев (участник двух космических экспедиций), а также ранее побывавший на ОК “Мир” француз Жан-Пьер Энере.

5 августа 1997 г. в 18 ч 35 мин 54 с экипаж ЭО-24 – А.Я. Соловьев и П.В. Виноградов (позывной – “Родник”) стартовали в кос-

мос на корабле “Союз ТМ-26”.

6 августа в 14 ч 46 мин 40 с от модуля “Квант” отошел ТКК “Прогресс М-35”, освобождая стыковочный узел для “Союза ТМ-26”. “Грузовик” еще был нужен для работы в составе комплекса, поэтому его оставили на орбите в свободном полете.

7 августа началась стыковка корабля “Союз ТМ-26”. С 30 км радиотехническая система “Курс” вела корабль к станции без замечаний. Экипаж только контролировал параметры относительного движения двух космических объектов, но был в постоянной готовности взять управление на себя. Когда до цели оставалось всего 13 м, командир корабля А.Я. Соловьев доложил, что не может контролировать автоматическую систему и перешел на ручное управление. Стыковка произошла в 20 ч 02 мин 07 с. Пересменка экипажей заняла всего неделю.

14 августа В.В. Циблиев и А.И. Лазуткин заняли свои места в спускаемом аппарате “Союза ТМ-25”. В 11 ч 56 мин 06 с сработали пружинные толкатели, и корабль начал недолгий полет по орбите. “Союз ТМ-25” приземлился в 15 ч 17 мин 10 с в 167 км юго-восточнее г. Джезказган (Казахстан). Продолжительность полета ЭО-23 составила 184 сут 22 ч 08 мин.

17 августа выполнена перестыковка корабля “Союз ТМ-26” с мо-



Дублирующий экипаж корабля "Союз ТМ-26", слева направо: С.В. Авдеев и Г.И. Падалка

дуля "Квант" на переходный отсек станции. Корабль с тремя членами экипажа отделился от комплекса в 16 ч 29 мин 20 с, а состыковался – в 17 ч 13 мин 04 с.

18 августа в 15 ч 52 мин 46 с к освободившемуся стыковочному узлу снова причалил "Прогресс М-35". До расстояния 170 м сближение осуществлялось в автоматическом режиме, но произошел отказ на станции Центральной вычислительной машины. ЦУП дал рекомендацию экипажу перейти на телеоператорный режим управления. Командир по телеизображению подвел "Прогресс" к станции, пристыковав его.

К исходу суток специалисты нашли причину отказа. Космонавтам передали в сеансе связи, какой блок компьютера надо заменить. На этот раз из энергетического кризиса вышли быстро, не позволив аккумуляторам полностью разрядиться.

22 августа А.Я. Соловьев и П.В. Виноградов в скафандрах приступили к работам в разгерметизированном "Спектре". В качестве шлюза использовался переходный отсек, из которого стравливали воздух, чтобы затем открыть люк в модуль. После небольшой заминки провели повторное шлюзование. Когда давление в переходном отсеке упало до 40 мм рт. ст., П. Виноградов заметил негерметичность в левой перчатке.

Отсек наддули до 550 мм рт. ст., сменили перчатку. Опять проверка герметичности, шлюзование... И в 14 ч 14 мин космонавты открыли люк в модуль "Спектр", где обнаружили идеальный порядок – все лежало на своих местах.

Со стыковкой электрических разъемов справились достаточно быстро. Кроме этого, экипаж провел инспектирование модуля: вскрыли ряд панелей, но повреждений обнаружить не удалось. Уходя из модуля, космонавты взяли с собой материалы исследований американских астронавтов, выполненных до аварии. Затем они установили конусную крышку люка с подстыкованными электроразъемами и в 17 ч 14 мин закрыли ее. Программа выхода была выполнена полностью.

На следующий день экипаж занялся восстановлением оборудования, демонтированного во время работ в "Спектре". Подключили СБ "Спектра" к системе энергоснабжения станции, подготовили модули "Кристалл" и "Природа" к включению их бортовых систем и научной аппаратуры. Основной объем работ достался П. Виноградову, так как А. Соловьев и М. Фозл готовились к выходу в открытый космос для инспекции внешней поверхности модуля "Спектр".

Выход состоялся 6 сентября – космонавты открыли люк

шлюзового отсека в 4 ч 07 мин. Для транспортных операций они использовали телескопическую стрелу, укрепленную на базовом блоке. Управляя стрелой, М. Фозл перенес А. Соловьева вместе с грузами от шлюзового отсека модуля "Квант-2" к "Спектру". Здесь они обследовали пять наиболее вероятных мест негерметичности, но ничего не обнаружили. Затем вручную были повернуты панели двух СБ "Спектра" на 45° в целях их эффективного функционирования (так как система ориентации батарей оказалась неработоспособной). Перед возвращением в шлюзовую отсек, космонавты все-таки успели снять с "Кванта-2" американскую научную аппаратуру. Длительность выхода составила 6 ч.

8 сентября – снова неприятность – опять отключился Центральный компьютер станции. На этот раз его заменили другим, взятым из резерва. Новый компьютер, проработав до вечера 14 сентября, снова отказал. Пришлось из двух компьютеров собрать один работоспособный. После проверки его "загрузили" информацией, утраченной при аварии. Все это время станция "Мир" находилась в режиме дрейфа.

15 сентября в 20 ч 28 мин 30 с мимо ОК "Мир" на расстоянии 470 м пролетел американский военный спутник. Экипаж был заранее предупрежден и в целях безопасности на время пролета перешел в КК "Союз ТМ-26". В тот же день еще два объекта искусственного происхождения прошли в окрестности комплекса. Но в этих случаях минимальное расстояние при пролетах превысило 1,5 км, что считается безопасным, поэтому экипаж оставался на своих рабочих местах.

К утру 16 сентября ориентация "Мира" была восстановлена. В эти же дни в сенатскую комиссию

Работа на борту станции "Мир" продолжается. В базовом блоке – центральный пункт управления комплексом и оборудование для экспериментов



США поступил доклад, ставящий под сомнение целесообразность дальнейших полетов американских астронавтов на ОК "Мир". Тем не менее, на Земле и в космосе готовились к седьмой стыковке корабля "Атлантис" со станцией. Поскольку Д. Вулфу необходимо было пройти дополнительную подготовку к работе в открытом космосе, старт "Атлантиса" перенесли с 18 на 26 сентября.

Утром 22 сентября снова отказал центральный компьютер на "Мире", к концу дня неисправный блок был заменен.

26 сентября 1997 г. в 5 ч 34 мин 19 с стартовал корабль "**Атлантис**" (программа STS-86) с экипажем из семи человек: командир – Джеймс Уэзерби, пилот – Майкл Блумфилд, специалисты полета – Владимир Титов (Россия), Скотт Паразински, Жан-Лу Кретьен (Франция), Вэнди Лоренс и Дэвид Вулф.

Командир экипажа STS-86 капитан 2-го ранга ВМС США **Джеймс Уэзерби** (James Wetherbee) родился 27 ноября 1952 г. в г. Флашинг (шт. Нью-Йорк). Окончил Нотр-Дамский университет (шт. Индиана). В 1975 г. поступил на службу в ВМС США. После прохождения летной подготовки был направлен в штурмовую эскадрилью на авианосец "Джон Кеннеди". Окончил школу летчиков-испытателей ВМС. Освоил 20 типов самолетов, налетав свыше 4200 ч. В отряде астронавтов с 1984 г. Совершил три космических полета общей продолжительностью 29 сут 00 ч 27 мин: 9–20.01.1990 г. – "Колумбия" (STS-32), 22.10–1.11.1992 г. – "Колумбия" (STS-52) и 3–11.02.1995 г. – "Дискавери" (STS-63). Полет STS-63 проводился по программе "Мир – Shuttle", поэтому в состав экипажа включили российского космонавта В.Г. Титова. В ходе по-

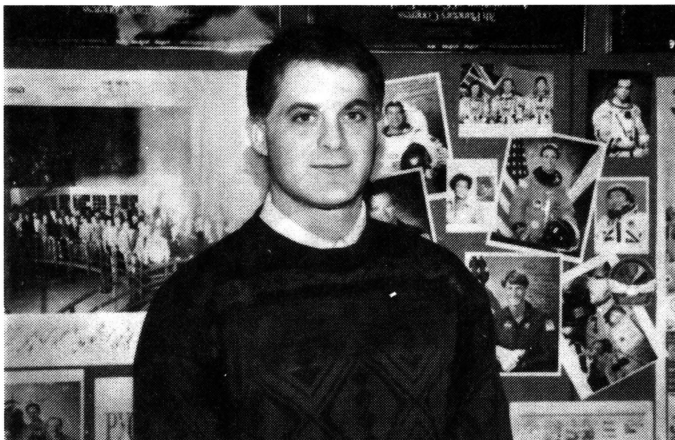
лета осуществлено сближение до 11 м со станцией "Мир".

Пилот STS-86 майор ВВС США **Майкл Блумфилд** (Michael Bloomfield) родился 16 марта 1959 г. в г. Флинт (шт. Мичиган). Окончил Академию ВВС США, служил на авиабазах, в том числе в ФРГ. Окончил школу летчиков-испытателей ВВС. В отряде астронавтов с 1994 г. В космический полет отправился впервые.

Специалист полета STS-86 космонавт 1-го класса полковник ВВС России **Владимир Георгиевич Титов** родился 1 января 1947 г. в г. Сретенске Читинской обл. Окончил Черниговское высшее военное авиационное училище, затем служил летчиком-инструктором, а с 1974 г. – командиром звена в авиационном полку им. В.С. Серегина в Подмоскowie. Освоил более 10 типов самолетов, налетав свыше 1400 ч. Военный летчик 1-го класса, летчик-испытатель 3-го класса. В отряде космонавтов с 1976 г. В 1987 г. заочно окончил Военно-воздушную академию им. Ю.А. Гагарина. Совершил три космических полета общей продолжительностью 376 сут 05 ч 25 мин: 20–22.04.1983 г. – "Союз Т-8", 21.12.1987 г. – 21.12.1988 г. – "Союз ТМ-4"/"Мир"/"Союз ТМ-6" и 3–11.02.1995 г. – "Дискавери" (STS-63). Выполнил три выхода в открытый космос общей длительностью 13 ч 47 мин.

Специалист полета STS-86 **Скотт Паразински** (Scott Parazinski) родился 28 июля 1961 г. в г. Литтл Рок (шт. Арканзас). Окончил Стэнфордский университет и медицинскую школу, проходил стажировку в госпитале при Гарвардской медицинской школе. В отряде астронавтов с 1992 г. Совершил один космический полет продолжительностью 10 сут 22 ч 34 мин: 3–14.11.1994 г. – "Атлантис" (STS-66). В течение пяти месяцев проходил обучение в ЦПК, готовясь к длительной экспедиции на ОК "Мир". Однако из-за высокого роста был признан непригодным для полета на корабле "Союз ТМ".

Специалист полета STS-86 бригадный генерал ВВС Франции **Жан-Лу Кретьен** (Jean-Loup Chretien) родился 20 августа 1938 г. в г. Ла Рошель. Окончил военную воздушную школу, служил летчиком-истребителем в авиационных частях, отвечал за программу испытаний самолета "Мираж Ф-1". В 1977 г. был назначен заместителем командующего ПВО южного района Франции. Налетал более 6 тыс. ч, в том числе, на российских самолетах Ту-154, МиГ-25, Су-26 и Су-27. С 1982 г. работает во Французском космическом агентстве (CNES). К космическим полетам начал готовиться с 1980 г. Совершил два полета общей продолжительностью 32 сут 15 ч 58 мин: 24.06–2.07.1982 г. – "Союз Т-6"/"Ca-



Американский астронавт Дэвид Вулф — участник ЭО-24

лют-7" и 26.11–21.12.1988 г. — "Союз ТМ-7"/"Мир"/"Союз ТМ-6". Выполнял один выход в открытый космос продолжительностью 6 ч.

Специалист полета STS-86 капитан 2-го ранга ВМС США **Вэнди Лоренс** (Wendy Lawrence) родилась 2 июля 1959 г. в г. Джексонвилле (шт. Флорида). Окончила Академию ВМС США. Получив квалификацию пилота морской авиации, освоила несколько типов вертолетов. Налетала свыше 1500 ч, выполнила более 800 посадок на палубу авианосцев. В 1990–92 гг. преподавала физику в Академии ВМС. В отряде астронавтов с 1992 г. Совершила один космический полет длительностью 16 сут 15 ч 09 мин: 2–18.03.1995 г. — "Индевор" (STS-67). В сентябре 1996 г. приступила к обучению в ЦПК для подготовки к длительной работе на ОК "Мир", в июле 1997 г. окончила полный курс в составе основного экипажа.

Специалист полета STS-86 **Дэвид Вулф** (David Wolf) родился 23 августа 1956 г. в г. Индианаполисе (шт. Индиана). Окончил Университет Пердью, затем получил медицинское образование в Университете шт. Индиана, прошел стажировку в госпитале этого штата. Прошел подготовку в качестве авиационного хирурга. В 1983 г. стал работать в Космическом центре им. Л. Джонсона. В отряде ас-

тронавтов с 1990 г. Совершил один космический полет продолжительностью 14 сут 00 ч 13 мин: 16.10–1.11.1993 г. — "Колумбия" (STS-58). Прошел обучение в ЦПК по программе "Мир — NASA".

Стыковка корабля "Атлантис" (STS-86) с ОК "Мир" была осуществлена 27 сентября в 22 ч 57 мин 48 с. На станцию доставлены запасной компьютер и расходные материалы. Если обычно у экипажа "Мира" рабочий день длился с 8 до 23 ч, то с приходом "Атлантиса" оба экипажа стали работать по общему графику — подъем в 14 ч 30 мин и отбой в 4 ч 30 мин. В ходе совместной работы М. Фозл передал вахту Д. Вулфу.

1 октября космонавты установили новый центральный компьютер в станции "Мир", а С. Паразинский и В. Титов готовились к выходу в открытый космос. Выход начался в 20 ч 29 мин. Они сняли часть американских приборов со стыковочного отсека станции, установленных в марте 1996 г. астронавтами Л. Годвин и М. Клиффордом. На свободные места укрепили новое оборудование. Кроме того, во время выхода, продолжавшегося 4 ч 54 мин, из "Атлантиса" перенесли заглушку, изготовленную российскими специалистами. Заглушку предполагается использовать для ремонта модуля "Спектр".

3 октября в 20 ч 28 мин 32 с "Атлантис" отстыковался от стан-

ции. Когда он совершал облет "Мира", экипаж ОК подал струю воздуха в модуль "Спектр", чтобы обнаружить места пробоин, но установить их не удалось. Корабль "Атлантис" продолжил полет по своей программе.

5 октября в 18 ч 08 мин 57 с стартовал ТГК "Прогресс М-36" (общая масса перевозимых грузов — 2,5 т, в том числе еще один запасной компьютер и немецкий спутник "Инспектор"). 6 октября "Прогресс М-35" должен был освободить ему место, но в назначенное время не смог покинуть причал станции. До выяснения причины отказа решили расстыковку отложить на сутки.

Посадку корабля "Атлантис" тоже перенесли на день из-за плохой погоды. Он приземлился 7 октября в 00 ч 55 мин. Длительность полета по программе STS-86 составила 10 сут 19 ч 20 мин, в том числе в составе комплекса "Мир" — 5 сут 21 ч 30 мин. Продолжительность полета М. Фозла — 144 сут 13 ч 47 мин, на станции "Мир" — 139 сут 14 ч 55 мин.

7 октября в 15 ч 03 мин 47 с "Прогресс М-35" отстыковался от "Мира". Причиной задержки оказалась забытая стяжка на стыковочном узле. В тот же день корабль закончил полет и в 19 ч 41 мин после включения двигательной установки он вошел в плотные слои атмосферы. Длительность полета "Прогресса М-35" составила 94 сут 07 ч 51 мин.

Освободившийся стыковочный узел (на "Кванте") 8 октября в 20 ч 06 мин 56 с занял "Прогресс М-36". Процесс стыковки прошел гладко.

В середине октября готовился еще один выход космонавтов в модуль "Спектр" для повышения эффективности использования его СБ. Электроника в системе ориентации этих батарей утратила свою работоспособность, оказавшись в вакууме. Поэтому главной задачей выхода стало подключение системы ориентации СБ "Спектра" к

электронике модуля "Кристалл", где имелась аналогичная система, а батареи были демонтированы.

20 октября в 12 ч 40 мин А.Я. Соловьев и П.В. Виноградов открыли люк в "Спектр". Работа в скафандрах внутри модуля требовала предельной осторожности и внимания. Даже простое перемещение среди панелей и приборов оказалось трудной задачей. За 6 ч 38 мин сложных работ космонавты подключили одну основную и одну дополнительную батареи, а вторую дополнительную СБ подключить не удалось.

Выходы в открытый космос 3 и 6 ноября имели общие задачи. В первом из них космонавты убрали с модуля "Квант" солнечную батарею, ранее перенесенную туда с "Кристалла". Теперь ее в сложенном виде закрепили на базовом блоке так, чтобы она не мешала. В следующем выходе на освободившееся место экипаж поставил новую батарею, хранившуюся на стыковочном отсеке.

Выход **3 ноября** начался в 6 ч 32 мин, в это время космонавты вручную запустили в свободный полет уменьшенную (в масштабе 1 : 3) копию первого искусственного спутника Земли, изготовленную в РКК "Энергия" при участии российских и французских школьников. Ее доставили на станцию на корабле "Прогресс М-36". Копия предназначена для приема сигналов радиолюбителями (см.: Земля и Вселенная, 1997, № 5, с. 55). Продолжался выход 6 ч 04 мин, но при закрытии выходного люка базового блока он не держал герметичность. Пришлось закрывать вместо шлюзового отсека люк приборно-научного отсека станции.

6 ноября выход состоялся в 3 ч 12 мин и продолжался в течение 6 ч 12 мин. Космонавты сначала



выполнили основную задачу – перенесли, смонтировали и раскрыли СБ на модуле "Квант". Однако с раскрытием этой батареи пришлось повозиться сверх запланированного времени – она долго не раскрывалась. Но только при помощи рук она раскрылась полностью, проблема с энергетикой на станции была решена. Космонавты пытались закрыть выходной люк, но полную герметичность не удалось восстановить. Поэтому на "грузовике" будет доставлен комплект новой уплотнительной резины, что позволит полностью герметизировать отсек.

Вторая половина ноября была наполнена будничной работой. И даже дважды отключавшийся центральный компьютер не смог нарушить размеренного ритма. Экипаж завершил монтаж системы "Воздух", занимался регламентно-профилактическими мероприятиями. Д. Вулф трудился над выполнением американской научной программы.

На 5 декабря планировался выход в космос А. Соловьева и Д. Вулфа, но руководители полета предложили перенести его на 5 января 1998 г., чтобы завершить регламентные работы и подготовить к эксперименту "Инспектор".

17–18 декабря был проведен российско-немецкий эксперимент со свободнолетающим и управляемым космонавтами микроспутником “Инспектор”. Космический аппарат не полностью выполнил программу полета – только провел видеонавигацию и телесъемку “Прогресса” и ОК

“Мир” и затем остался на орбите для продолжения полета по дополнительной программе.

19 декабря “Прогресс М-36” в 16 ч 20 мин был переведен на траекторию спуска и прекратил существование. Его полет продолжался 74 сут 22 ч 56 мин.

20 декабря в 11 ч 45 мин 02 с стартовал ТГК “Прогресс М-37” (масса доставленного груза – 2,3 т), через два дня в 13 ч 22 мин 14 с он пристыковался к комплексу “Мир”. Программа работ ЭО-24 выполняется.

В.И. ЛЫНДИН

Информация

Эксперимент “Инспектор”

Проект свободнолетающего микроспутника с телевизионной камерой для наблюдения за пилотируемыми станциями рассматривался как перспективный в начале 90-х гг. В таком проекте, названном “Inspector” (осмотр, наблюдение), участвовали фирмы “Daimler-Benz Aerospace AG” (DASA, ФРГ) и Ракетно-космическая корпорация “Энергия” им. С.П. Королева (Россия). Разработка и сборка аппарата проведена в 1996 г. в отделе DASA по космонавтике в г. Бремен (ФРГ). В начале 1997 г. прошли испытания и предполетная подготовка микроспутника “Инспектор” на РКК “Энергия”. Технический руководитель проекта Д. Вильде (DASA).

Идея создателей микроспутника “Инспектор” состояла в применении простого по устройству и управлению летательного аппарата, используемого для наружных работ около орбитальных станций. Это, по мнению специалистов, снижает расходы и риск космических операций. Аппараты типа “Инспектор” обеспечивают: наружное наблюдение и освещение станций, транспортировку заменяемых агрегатов и систем, безопасность работы космонавтов в открытом космосе, быструю помощь и связь.

Облетая станцию, микроспутник с помощью телекамер прово-

дит тщательные исследования всех ее наружных элементов и систем. После первых экспериментальных полетов микроспутников типа “Инспектор”, Германское космическое агентство (DASA) планирует разработать серию подобных аппаратов, покрывающих широкий спектр коммерческих возможностей их применения. Они отвечают требованиям к перспективным космическим сегментам – малые сроки производства, экономичность и надежность. Этот тип спутника необходим для технического обслуживания и ремонтных операций на больших пилотируемых комплексах, например, Международной космической станции. Впоследствии такие спутники станут необходимым элементом длительно функционирующих пилотируемых комплексов.

Микроспутник “Инспектор” представляет собой шестигранную призму диаметром 0,58 м и длиной 0,98 м, массой 72 кг. С внешней стороны корпус покрыт панелями солнечных батарей (СБ) мощностью 43 Вт.

Во время выполнения эксперимента “Инспектор” осуществляется управление ориентацией КА. Контролируется работа бортовых систем спутника из базового блока “Мира” экипажем дистанционно с пульта станции контроля и управления (СКУ). Рабочее место оператора СКУ представляет собой стойку с блоками – портативным компьютером и пультом управления, блоком электроники и цветным видеомонитором. В компьютер СКУ установлена программа управления КА, предусматривающая введе-

ние баллистических данных, соответствующих времени проведения эксперимента. Проведена подготовка экипажа по контролю полета “Инспектора” и управлению его системами.

Эксперимент планировали провести в январе 1997 г., но потребовалось дополнительное время для испытаний и доработок систем спутника и программного обеспечения. Программой предусматривалось выполнение двух фаз эксперимента – облет ТГК и станции “Мир”, при этом проводилась их видеонавигация и наблюдение.

Заключительные испытания КА проходили на космодроме Байконур с 29 августа по 16 сентября 1997 г. Проверены все системы и выполнено тестирование радио-телевизионных систем (по кабелям и через эфир передавалось контрольное изображение, отобравшееся на экране монитора СКУ). На СКУ были установлены программы управления спутником и заложены баллистические данные под конкретную дату проведения эксперимента. Экипаж ЭО-24 А. Соловьев и П. Виноградов прошли тренировки на копии СКУ и ознакомились с режимами управления по бортовой документации, выходу из возможных нештатных ситуаций. После всех проверок микроспутник, СКУ, сумки с тестовыми и рабочими кабелями были загружены в отсек “Прогресса”. 5 октября 1997 г. в 18 ч 08 мин 57 с по московскому времени ТГК “Прогресс М-36” был запущен, увозя с собой ИСЗ “Инспектор”. 8 октября корабль состыковался со станцией. 24 ноября 1997 г. на бор-

ту "Мира" выполнены тесты аппаратуры всех систем "Инспектора". В начале декабря экипаж тренировался управлять и контролировать работу систем КА. Оператор на СКУ имеет возможность работать с "Инспектором" в трех режимах. Первый – наблюдение за маневром КА для оценки своевременной работы органов управления и ориентации. Следующий режим предназначен для выполнения видеонавигационных измерений по уточнению траектории движения спутника. Третий – видеоинспекция для проведения видеосъемки исследуемого объекта. В двух последних режимах оператору доступно управление ориентацией КА и наведение телекамеры на объект осмотра. Заключительные тесты и зарядка химических батарей проведены космонавтами непосредственно перед экспериментом. После установки микроспутника в транспортно-пусковой контейнер, расположенный на стыковочном узле грузового корабля "Прогресс М-36" расстыковался 17 декабря в

9 ч 02 мин по московскому времени. Затем "Инспектор" был выдвинут из корабля, и проведены заключительные тесты по проверке систем, на основе которых экипажем принято решение о начале эксперимента.

17 декабря 1997 г. в 10 ч 35 мин микроспутник отделился от корабля "Прогресс" и начал выполнять первый маневр, проводя видеонавигацию "грузовика". Но затем произошел отказ системы ориентации (из-за аварии звездного датчика), и в целях безопасности облеты "Прогресса" и станции были отменены. 18 декабря "Инспектор" экипажем "Мира" был сориентирован на комплекс, провел видеонавигацию и съемку, позднее телеизображения корабля и станции передавались на Землю. Эксперимент состоялся, но не в полном объеме. В течение полугода DASA планирует наблюдать за полетом микроспутника для оценки его длительного существования на околоземной орбите.

Космический аппарат "Инспектор" испытывался в полете около

комплекса "Мир" только один раз. В дальнейшем DASA предполагает создать новый КА "Visitor" массой около 800 кг для использования на Международной космической станции после 2000 г. Причем, стыковочный узел для спутника разрабатывает Россия. Предполагается использовать КА во время внекорабельной деятельности космонавтов, при осмотре внешней поверхности и в аварийных ситуациях, а в остальное время "Visitor" будет пристыкован в определенном месте станции. В перспективе аппарат такого типа будет оснащен манипуляторами для выполнения спасательных работ. В качестве мусоросборщика будет удалять посторонние предметы на безопасное расстояние от станции. Есть программы облета и исследования космических объектов, интересующих специалистов, а также проведения и других экспериментов.

С.А. Герасютин

Информация

Западная Антарктида "составлена" из двух плит

Геофизики Д. МакАду из Национального управления по изучению океана и атмосферы США в Силвер-Спринге (штат Мэриленд) и С. Лаксон из Лаборатории космических наук при Лондонском колледже в Доркинге (Англия) пришли к новым выводам относительно тектонической истории Западной Антарктиды.

С борта спутника "ERS-1" получены альтиметрические и гравиметрические данные с высокой степенью разрешения, охватывающие до сих пор слабо картированную, покрытую мощными льдами акваторию Западной Антарктики от моря Росса (на западе) до моря Уэдделла включительно (на востоке). В море Росса наблюдения проводились с научно-исследовательского судна "Ли".

Установлено существование гравитационных линейментов, представляющих разломные зоны – результат растяжения земной коры, происходивший, очевидно, в период от 65 до 83 млн лет назад.

Спрединг Тихоокеанско-Антарктической области дна Миро-

вого океана отделил плато Кэмпбелла (вокруг одноименного острова в Тихом океане) и Новую Зеландию от Западной Антарктиды. Открытые ныне линейменты (линии разломов) позволяют определить период и масштабы движения плит земной коры в то отдаленное геологическое время. Две плиты существовали независимо и порознь, разделенные предполагаемыми границами плиты Беллинсгаузена. Лишь в эпоху, отстоящую от нас на 62 млн лет, обе плиты объединились, образовав современную Западную Антарктиду.

Science, 1997, 227, 505, 556

Пособия, дополняющие учебники астрономии

Стремясь активизировать работу учащихся и оптимизировать деятельность учителей, авторы существующих сейчас учебников астрономии и методисты-практики разрабатывают учебную литературу нового типа – **рабочие тетради и атласы**. В 1996-97 гг. вышли в свет три таких пособия: **“Рабочая тетрадь”** (авторы В.В. Прокофьев и В.И. Зинковский, издательство АСТ, 1996), **“Атлас”** (для общеобразовательных школ, авторы А.В. Засов и Э.В. Кононович, издательство АСТ, 1996), **“Астрономия”** (рабочая тетрадь-атлас, автор Е.П. Левитан, издательство “Открытый мир”, 1997).

Общая черта всех этих пособий – универсальность: авторы стремились сделать их полезными для работы в комплекте не только со своими учебниками, но и с другими учебниками коллег.

Пособия, в основном, не дублируют друг друга, так как отличаются структурой, содержанием и иллюстративным материалом. Зная это, учителя сумеют использовать либо какое-нибудь одно из них, либо

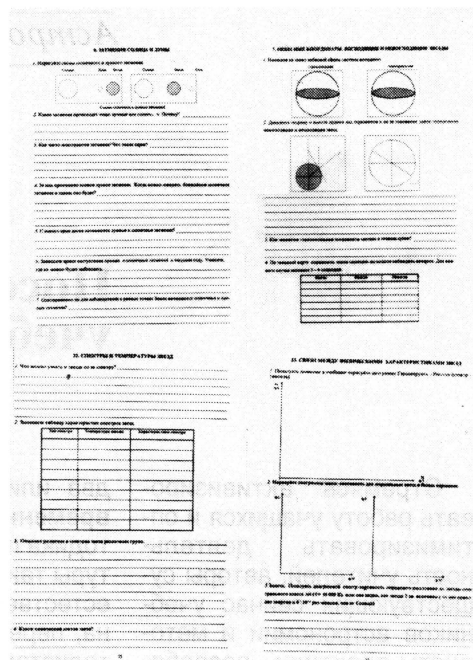
два или даже **три одновременно**. Поскольку методика применения литературы такого рода пока еще, естественно, не разработана, перед учителями и методистами открывается немалое поле деятельности для обобщения опыта, творческой научно-методической работы.

Что же представляют собой новые пособия?

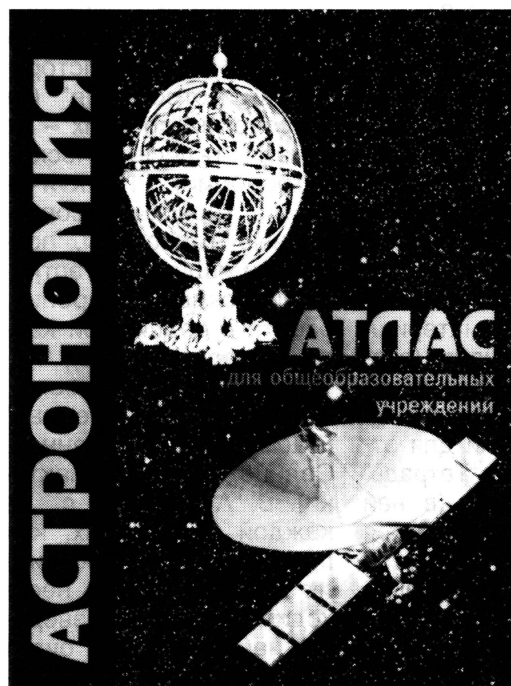
“Рабочая тетрадь” В.В. Порфирьева и В.И. Зинковского, пожалуй, ближе всего к классическому пониманию “рабочей тетради”. Она содержит определенный набор простейших схем и чертежей, освобождающих учащихся от их воспроизведения, а также дидактический материал различной сложности (вопросы, упражнения и задачи) с предусмотренными в “Тетради” местами для ответов и решений. “Тетрадь” весьма компактна (в ней всего 32 с.) и не нуждается в особых пояснениях по поводу ее применения учащимися на уроках или дома.

“Атлас” А.В. Засова и Э.В. Кононовича, по замыслу авторов, “не дублируя материалы учебников, предоставляет об-

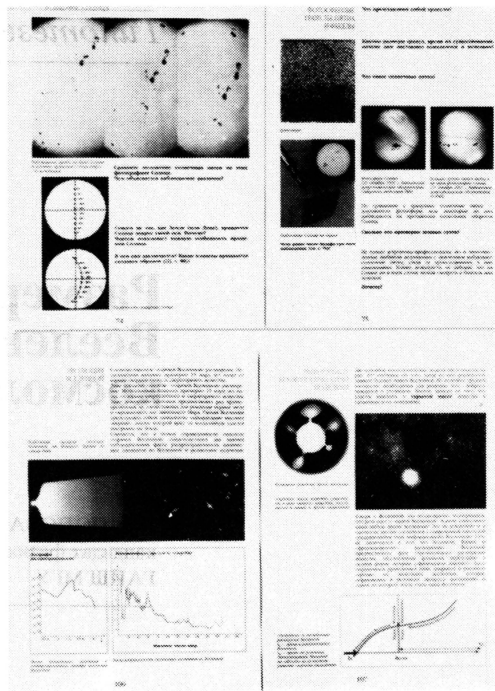
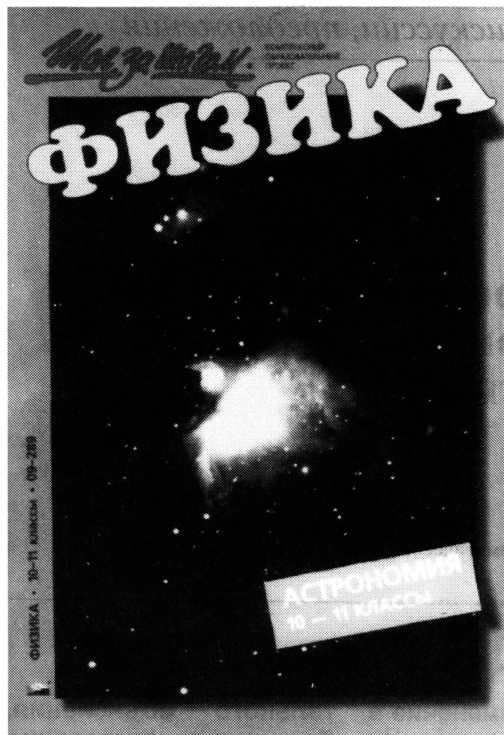
ширную дополнительную информацию, которая может быть использована в разнообразных методических формах работы: на уроке для наглядности обучения; в самостоятельной работе, при подготовке учащимися сообщений, докладов и рефератов”. Пособие содержит многочисленные иллюстрации и текстовый материал по четырем крупным темам: “Историческая астрономия” (от астрономии древних – до начала телескопической астрономии), “Практическая астрономия” (современные телескопы, приемники излучения, астрофизические измерения, работа с подвижной картой звездного неба), “Астрономия из космоса”, “Звездная Вселенная” (масштабы Вселенной, Солнце, звезды, галактики). В “Атласе” 48 с., на каждой из которых, как правило, несколько иллюстраций. Они по необходимости воспроизведены небольшими и будут эффективно использоваться лишь в тех случаях, когда “Атлас” окажется у каждого учащегося



“Рабочая тетрадь” В.В. Порфирьева и В.И. Зинковского: а) общий вид; б) примеры типичных разворотов



“Атлас” А.В. Засова и Э.В. Кононовича: а) общий вид; б) примеры типичных разворотов



*“Астрономия” (“Тетрадь-атлас”) Е.П. Левитана:
а) общий вид; б) примеры типичных разворотов*

или в распоряжении рядом сидящих.

“Астрономия” – (“Тетрадь-атлас”) Е.П. Левитана – экспериментальное пособие, объединяющее в себе возможности и рабочей тетради, и атласа как наглядного пособия. Как и предыдущие пособия, данное может оказаться полезным при работе с различными учебниками астрономии, хотя преимущественно ориентировано на учебник автора для XI класса (“Астрономия-ХІ”, Просвещение, 1-е издание – 1994 г., 2-е издание – 1998 г.). Названия каждого из пяти разделов книги (в ней 112 с.) совпадают с названиями основных глав учебника и имеют эпиграфы (высказывания А. Пуанкаре,

Н. Коперника, Г. Галилея, К. Фламариона, Н.К. Рериха). Текстовый материал включает краткие вводные замечания и вопросы-задания, тесно связанные с важнейшими вопросами школьной программы и опирающиеся на специально подобранные разнообразные иллюстрации (достаточно крупные цветные и черно-белые фотографии, карты, схемы, графики и т.д.). Учащимся предлагается дать краткие ответы на поставленные вопросы и предоставляется возможность получить некоторую дополнительную информацию о достижениях современной астрономии и астрофизики. Как дидактический материал, так и “сверхпро-

граммная” информация ориентированы прежде всего на реализацию практической, мировоззренческой и гуманитарной направленности школьного курса астрономии, на развитие у учащихся любознательности и интереса не только к науке о Вселенной, но и к физике.

По мере совершенствования и переиздания новых пособий будут исправлены недостатки, имеющиеся в первом издании (вкравшиеся неточности, опечатки и т.д.), и учтены пожелания учителей, взявших на себя труд поработать с новыми учебными книгами. Хочется надеяться, что рабочие тетради и учебные атласы заинтересуют многих учителей.

Е.П. ЛЕВИТАН

Размерность пространства Вселенной и проблемы космологии

А.Д. ПОПОВА,
кандидат физико-математических наук
ГАИШ МГУ

Мы уже привыкли, что пространство и время в физике мало соответствуют нашим наглядным представлениям. Пока еще непривычным остается представление о существовании в природе объектов нецелочисленной размерности, фрактальных. Фрактальность

уже нашла применение в физике и астрономии. Но можно пойти дальше и применить понятие фрактальности к самому пространству. Оказывается, что при этом можно разрешить некоторые астрономические проблемы, которые долго остаются без удовлетвори-

тельного объяснения. Для этого достаточно предположить, что размерность пространства меняется с расстоянием от привычной в земных масштабах трехмерности до пространства с двумя измерениями на космологических расстояниях.

РАССУЖДАЯ АБСТРАКТНО

Опыт или здравый смысл, формируемый с детства, органично встраивает в себя первичные представления о **пространстве**. Это – место, среда, это – нечто, из чего, если убрать предмет, остается пустота, которая может быть опять занята предметом. Однако место, занимаемое ящиком, имеющим длину, ширину и высоту, не может быть вновь полностью занято лис-

том бумаги, имеющим длину и ширину.

Позже, школьный курс физики одаривает нас термином “пространство”, который сам по себе ничего не объясняет, но нечто обозначает. Помимо утверждения, что пространство характеризуется числом измерений 3, он нам ничего не сообщает. Интуитивно предполагается, что пространство не имеет кривизны и что в нем справедливы законы стереометрии. А школьная физика про-

должает учить нас, что гравитационная и электростатическая силы, освещенность и прочее убывают обратно пропорционально квадрату расстояния, как и видимая площадь тел. В пространстве с числом измерений n “площадь” убывала бы обратно пропорционально расстоянию в степени $n - 1$.

В ВУЗе представления о пространстве расширяются (если не ломаются) до **пространства-времени**, причем пространст-

во—время само становится относительным: расщепление последнего на собственно пространство и время не абсолютно, а зависит от движения субъекта — наблюдателя. Для изучающего это бывает эстетическим шоком, ибо теория относительности — удивительно красивая и непостижимая для обыденного здравого смысла концепция. Но это пока последний твердый шаг в эволюции идей о пространстве, “твердый” — поскольку проведен с огромной экспериментальной точностью в доступных нам масштабах. По крайней мере для большей части научного сообщества оно остается континуальным (непрерывным) и всюду постоянной и непременно целой размерности, равной трем.

Вообще, загадка пространства-пустоты волновала умы давно. Но, несмотря на огромную мозговую работу поколений мыслителей, результаты ничтожны — так ничего и не понято. Автор намеренно не хотела бы останавливаться на истории вопроса, это удел историков науки и философов, но не физика-теоретика. Старые идеи не помогают генерировать новые, и в этом смысле предмет физики гораздо полезнее забывать, чем помнить.

Наше столетие знаменательно разрушением механистических представлений о мире в смысле Лапласа: мир — это огромный механизм, который стоит только “завести”, т.е. задать начальные условия, а дальше он будет сам детерминирован

но развиваться. Это представление потеряло свои позиции в начале века после появления квантовой механики и потерпело окончательное поражение во второй половине века: даже в самой классической механике появились такие понятия как **бифуркации, хаос, перемешивание...** Оказалось, что существуют динамические системы, поведение которых нельзя предсказать однозначно, поскольку малые отличия в начальных данных приводят к экспоненциально расходящимся траекториям. Рано или поздно нечто подобное должно произойти с представлениями о самом пространстве.

Понятие фрактала как объекта с нецелой размерностью, возникшее как чисто математическое, с необходимостью приведет, автор в этом уверена, к революции в понятиях пространства и времени. Для фракталов придумано несколько хитроумных определений размерности, которые могут совпадать, а могут и не совпадать у разных объектов. Фрактальность нашла обширные приложения в физике (турбулентность, движения в вязких средах, протекание электрического тока, сверхпроводимость и многое другое). Она имеет приложения также в химии и в биологии. Уже в космологии очень много говорят о фрактальном, точнее даже мультифрактальном (простым фракталом оно не описывается) распределении галак-

тик, их групп, скоплений и пустот между ними — т.е. при исследовании крупномасштабной структуры Вселенной (Земля и Вселенная, 1993, № 1; 1997, № 6).

Теперь представим, что фрактальные абстракции имеют какое-то отношение к реальным свойствам пространства. Тогда вопрос: какое из определений размерности, т.е. какое из чисел мы должны использовать в физических формулах и, в частности, в упомянутых законах? А может быть понятие физической размерности также разделится на несколько, каждое из которых будет применяться в своей определенной физической ситуации?

Фрактальность пространства означала бы его неконтинуальность, прерывность, дискретность. До сих пор оно предполагается a priori континуальным, что дает право описывать его с помощью интегрального и дифференциального исчисления (тоже механистическая идея из шкалулки XVIII века). Однако, чтобы подтвердить континуальность реального пространства, потребовалось бы несчетно-бесконечное количество информации. Что же касается числа измерений, то в трехмерное континуальное пространство можно погрузить неконтинуальное пространство произвольного их числа.

Российский ученый В.Ю. Колосков ввел стохастическую метризацию пространства-времени,

которая позволяет оперировать с любыми размерностями как пространства, так и времени. А это, в свою очередь, позволит сформулировать теорию относительности и вообще любую теорию поля в терминах нецелой размерности. Такой подход, как кажется автору, может привести к более общей физической теории, в которой размерность было бы необязательно задавать с самого начала, до решения полевых уравнений, она оказалась бы динамической характеристикой, функцией координат, времени и еще чего-нибудь, следующего из уравнений поля.

Основной характеристикой пространства-времени, которая нас будет интересовать дальше, будет именно размерность пространства.

БЛИЖЕ К РЕАЛЬНОСТИ

Итак, что мы знаем о природе пространства и времени, мы, чье существование ограничено их весьма небольшими масштабами? "Знаем" здесь употреблено в смысле накопленной чисто научной, позитивной информации. Отдельные представители человечества отважно заявляют, что они познали природу от масштабов 10^{-13} см (размер атомного ядра) до 10^{28} см $\sim 10^{10}$ св. лет (расстояние до наиболее удаленных астрономических объектов). На наш взгляд, следовало бы ограничиться более скромным интервалом от 10^{-8} см (размер атома или его электронных оболо-

чек) до размера Солнечной системы 10^{15} см (диаметр орбиты Плутона).

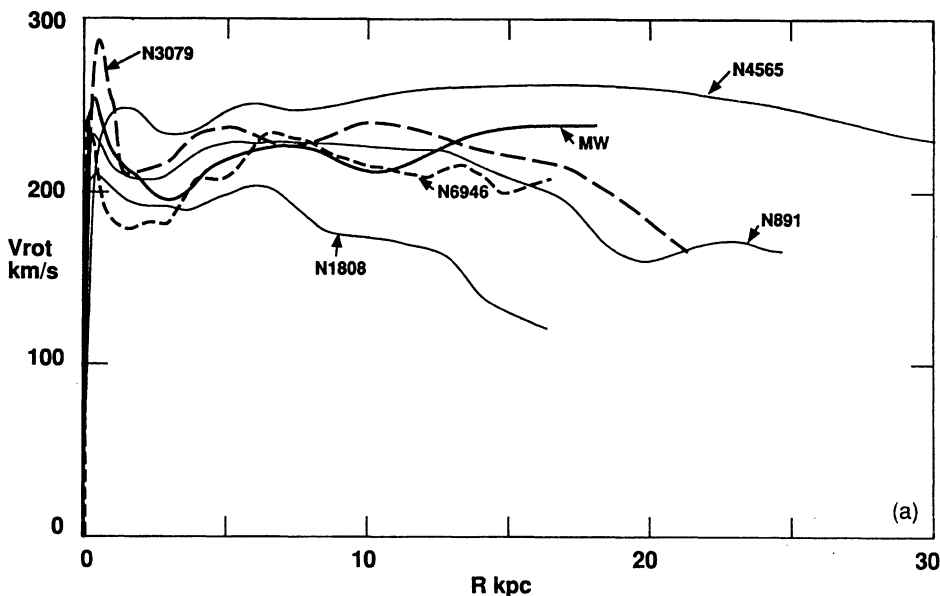
Действительно, система электронных оболочек хорошо описывается в смысле согласия с экспериментом квантовой механикой и не требует привлечения каких-то неизвестных свойств пространства и времени. То же самое можно сказать о движении тел в Солнечной системе. В ее пределах пространство трехмерно или неотличимо близко к этому. По крайней мере закон обратных квадратов справедлив с точностью до пятой значащей цифры, за которой дальше уже начинается порядок, где мы должны учитывать теорию относительности или какие-то другие релятивистские теории гравитации. Там же может открыться и область непознанного. Что же касается масштабов меньших или больших, то об этом очень мало известно и слишком много проблем. Теория ядерных взаимодействий и теория элементарных частиц еще далеки от завершения. Например, до сих пор нет единого мнения, почему кварки удерживаются в протонах и нейтронах и не наблюдаются в свободном состоянии. А вдруг это тоже иные пространственно-временные отношения?

Если устремиться в область больших масштабов, то мы придем к конкретному и единственному объекту: нашей Вселенной. Кто-то скажет, что мы знаем о ней много, но позволим себе в этом

усомниться. Мы знаем о ней очень мало потому, что наблюдаем ее фактически из одной точки, находясь в данных нам физических условиях, получая и интерпретируя информацию в соответствии с развитием технических и теоретических возможностей, а также с нашим чисто человеческим разумением: мышлением, логикой, языком и т.д. Глубокая философская проблема. Не нам и не здесь ее решать. Зададим более конкретный вопрос: а есть ли какие-нибудь наблюдательные факты, которые можно интерпретировать как отличные от принятых свойств, например, пространства? Отличную от стандартной размерность? Оказывается, есть. Попробуем аргументировать свою точку зрения тремя следующими сюжетами.

Как взаимодействуют "взаимодействующие галактики"?

В 50-60 гг. нашего века советский астроном Б.А. Воронцов-Вельяминов исследовал с помощью знаменитого Паломарского атласа неба необычные далекие объекты, а затем наблюдал их сам и составил каталог. Это были группы из нескольких галактик, в которых проявляется физическое взаимодействие: вытянутые цепочки из двух или более галактик, соединенные светящимися голубоватыми "перемычками", часто с "хвостами" на концах, либо тесные гнезда,



где галактики почти соприкасаются, погруженные в общую "оболочку". Вещество таких протяженных структур составляют молодые горячие звезды, голубые гиганты и сверхгиганты. Было, однако, ясно, что наличие переминок и других структур плохо согласуется с законом обратных квадратов для силы тяготения. Они должны быть неустойчивы и быстро распадаться. Воронцов-Вельяминов допускал возможность взаимодействия иной природы, помимо тяготения и электромагнетизма. В конце 80-х австралийские ученые А.Е. Вraith, М. Дисней и Р. Томсон провели численное моделирование приливного взаимодействия двух галактик неравных масс, движущихся по орбите вокруг общего центра тяжести, для обратного линейного закона тяготения (такой закон соответствует размерности $n = 2$) и

для закона обратных квадратов для сравнения. В первом случае уверенно получаются долго существующие хвосты и перемины, а во втором случае нет. Интуитивно это ясно: обратный линейный закон имеет более слабый градиент убывания, поэтому он может способствовать образованию более тонких, протяженных и более долгоживущих структур из такого легко разрушаемого материала, как газ звезд.

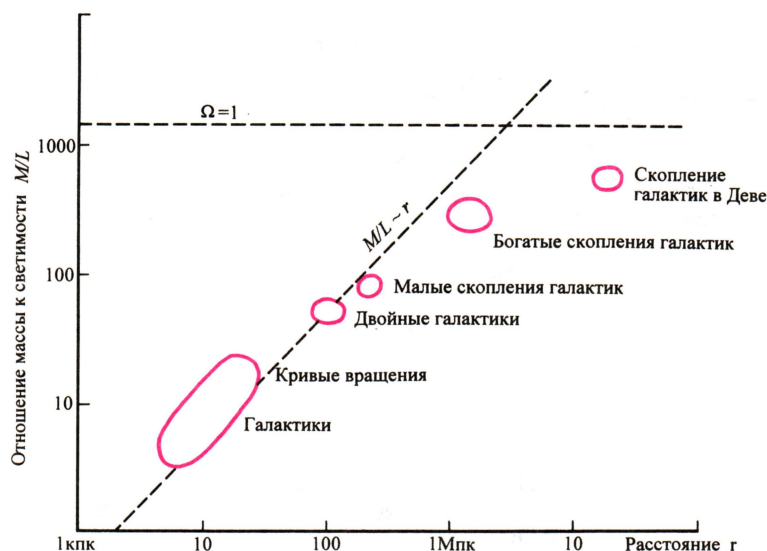
Самый темный вопрос — о темной материи

Будем считать, что с проблемой темной материи читатели знакомы, потому ее можно здесь не объяснять (Земля и Вселенная, 1991, № 4). Отметим лишь один существенный для нашего рассмотрения факт — все доказательства существования скрытых масс в природе основываются

Наблюдаемые кривые вращения нескольких галактик. (MW — Млечный путь, наша Галактика). Рисунок из препринта: Yoshiaki Sofue, Most Completely Sampled Rotation Curves for Galaxies, 1995, 95–10, The University of Tokyo

на движении видимых масс.

Еще в 30-х гг. Ф. Цвикки заметил, что галактики в скоплении Волос Вероники движутся слишком быстро, чтобы это можно было объяснить их гравитационным притяжением. В 80-х гг. радиоастрономы измерили скорость облаков нейтрального водорода, расположенных далеко за краем видимого оптического диска спиральных галактик. Вместо ожидаемого падения скорости вращения с удалением от центра оказалось, что эта скорость остается неизменной, а иногда даже рас-



Рост отношения динамической массы к светимости, выраженной в солнечных единицах ($M_{\odot}/L_{\odot}$), при увеличении масштаба. Видно, что чем больше размер области пространства, тем больше в ней доля несветящейся материи. Горизонтальная штриховая линия соответствует Вселенной с критической плотностью, $\Omega = 1$. Рассчитано для $H_0 = 100$ км/с Мпк. Рисунок из работы М. Девиса и др. (M. Davies et al., *Ast. J.* 1980. 238, L 1113)

тет. У не вращающихся эллиптических галактик наблюдения показали аномально большой разброс скоростей составляющих их звезд. Для спасения теории, астрономы предположили, что галактики погружены в массивные сферические оболочки (гало) из невидимой материи.

Переходя к группам галактик, от двойных до сверхскоплений, находим все то же: чересчур большие скорости отдельных галактик. Оставаясь в рамках существующих теорий, астрономы могут объяснить их только в предположении, что тяготеющие массы во много раз больше, чем светящиеся. При этом компенсирующей темной материи требуется все больше при переходе ко все большим космологическим масштабам. Кто-то уже сказал, что чем дальше, тем Вселенная становится

все темнее и мрачнее.

Уже несколько десятилетий идут попытки увидеть эту темную материю и постичь ее природу. Конечно, существует понятная и известная темная материя, как то: темные туманности, коричневые карлики, межгалактический газ, как рассеянный, так и собранный в облака, и т.п. Возможно, существуют в межзвездном пространстве планетоидные тела и ядра комет. Однако все попытки определить суммарную массу этого "космического мусора" показывают, что его явно недостаточно, чтобы покрыть гигантскую потребность в темной материи.

Какими еще свойствами обладает темная материя, кроме гравитационных? Оказывается, она не проявляет никаких свойств, кроме гравитационных. Не поглощает и не рассеивает видимого

света и вообще электромагнитного излучения. Пока что она остается лишь благодатным полем для фантазий физиков-теоретиков. Каждая открытая или просто предсказанная частица становилась и становится кандидатом на роль (или на компонент) темного вещества. Ни одна модель образования крупномасштабной структуры Вселенной не обходится без привлечения частиц темной материи. В построении таких моделей существуют две конкурирующие версии: какая материя — горячая (нейтрино) или холодная (аксионы, барионы) — участвует в процессе. Каждая модель создает свои трудности. Например, "холодные" модели не могут объяснить наблюдаемую характерную величину неоднородностей в распределении материи Вселенной (130–140 Мпк): расчеты

дают на порядок ниже. Многие исследователи смешивают горячую и холодную материю как воду в ванне, чтобы получить, а лучше сказать подогнать под согласие с наблюдениями, и достигают успеха (Земля и Вселенная, 1995, № 6, с. 52). Но решение этой космологической трудности усугубляет другую, а именно проблему возраста Вселенной.

Концепция темной материи устраивает далеко не всех. Тем или иным способом некоторые исследователи пытаются ее обойти. Чаще всего предлагаются различные модификации закона тяготения Ньютона. Фактически, автор также предлагает свою модификацию, но, в отличие от других, мой вариант – следствие намного более общего положения, а именно – расширения понятия размерности пространства.

Каков возраст Вселенной? Конечен ли он?

В современной теоретической космологии все еще занимают ведущее место модели однородной и изотропной Вселенной. Таковы космологические модели **Фридмана-Робертсона-Уокера** (ФРУ), появившиеся в 20-х гг. нынешнего столетия. Средняя плотность вещества определяет, будет ли у трехмерного пространства положительная кривизна и конечный объем (замкнутая модель Вселенной), или же при бесконечном объеме это пространство окажется плоским (плоская модель), или обладающим отрицательной кривизной (открытая модель). В

случае замкнутого мира расширение на каком-то этапе сменится сжатием, а плоский и открытый миры расширяются вечно.

Помимо обсуждавшихся несоответствий между светимостью вещества и его динамикой (проблема темной материи), существует еще одно вопиющее несоответствие: возраст Вселенной в стандартных ФРУ-моделях получается меньше возраста шаровых скоплений и галактик. Теория строения и эволюции звезд, обширная и разработанная область теоретической астрофизики, хорошо согласуется с наблюдениями. Можно не сомневаться, что она достаточно уверенно оценивает возраст звезд. По оценкам разных исследователей возраст старейших объектов в галактиках составляет от 14 до 17 млрд. лет.

Во ФРУ-моделях возраст Вселенной T обратно пропорционален постоянной Хаббла H_0 :

$$T \sim H_0^{-1}.$$

Эта постоянная входит в закон разбегания Хаббла: скорость далекого объекта v связана с расстоянием до него l соотношением $v = H_0 l$. Хотя ее физическая размерность есть обратная секунда, принято выражать ее в километрах в секунду на мегапарсек. Постоянная Хаббла оценивается в $50\text{--}100 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$. Единного мнения о ее точном значении не было никогда. Но если последние двадцать лет большинство астрономов считали ее близкой к 50, то теперь новые данные склоняют многих к величине $80 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$.

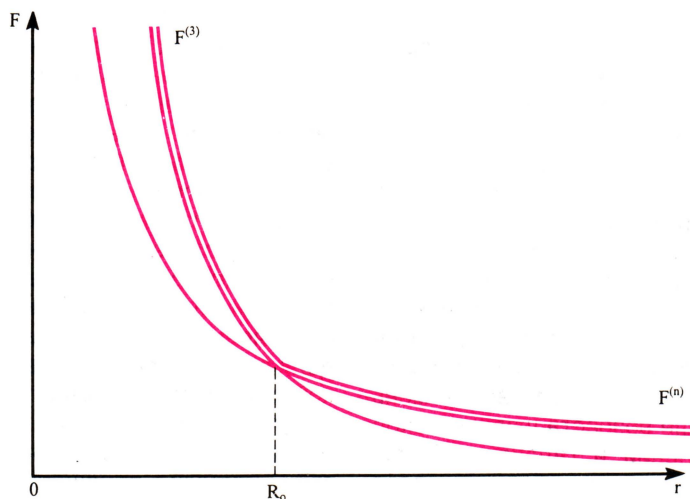
Помимо обратной постоянной Хаббла теоретическое значение возраста Вселенной зависит от модели, оно тем больше, чем меньше плотность вещества. Это говорит о том, что на плотность темной материи существует ограничение, ее нельзя наращивать слишком сильно. Наиболее популярными являются модели с критической суммарной плотностью темной и светящейся материи $\Omega = 1$. Здесь Ω – параметр плотности, равный отношению средней плотности вещества во Вселенной к критической, при которой трехмерный мир является плоским.

В этом случае возраст Вселенной выражается простой формулой:

$$T = 2/3H_0^{-1}.$$

Когда космологи надеялись, что численное значение H_0 близко к $50 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$, то возраст Вселенной оказывался близким к 13 млрд лет, что еще хоть как-то можно было совместить с возрастом шаровых скоплений, но для значения 80 возраст такой Вселенной получается слишком малым – примерно 8 млрд лет.

Резюмируя эти три сюжета, можно сказать, что для разрешения космологических проблем динамики и возраста нужно позволить силе тяготения спадать с расстоянием медленнее, чем по закону обратных квадратов, и как-то замедлить расширение Вселенной, не вступая при этом в противоречие с динамикой. Оказывается, достаточно предположить, что размерность пространства в космологических масштабах



Зависимость силы тяготения от расстояния в пространстве с тремя измерениями и с n измерениями. Ломаная кривая соответствует случаю $F = F^{(3)}$ при $R < R_0$, и $F = F^{(n)}$ при $R > R_0$

есть нецелое число меньше трех и что она может уменьшаться с ростом масштаба. При этом не потребуются никакая темная материя.

Действительно “возрастание количества темной материи” говорит лишь о более медленном законе падения силы тяготения с расстоянием. Предельным значением размерности могло бы быть число два.

ЭЛЕМЕНТЫ МАЛОМЕРИЯ в стиле Ньютона

Известная школьная формула закона всемирного тяготения

$$F = G \, m M / r^2$$

в пространстве с n измерениями должна быть заменена следующей

$$F^{(n)} = G^{(n)} \, m M / r^{(n-1)}, \quad (1)$$

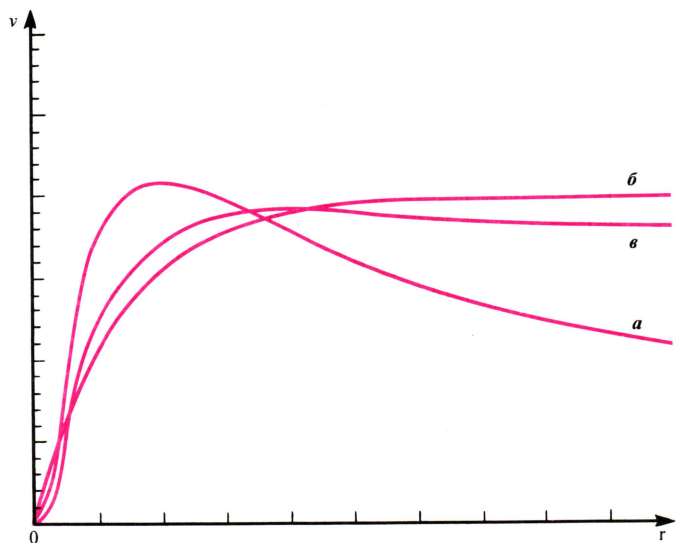
где $G^{(n)}$ — некоторая другая гравитационная постоянная, ее физическая размерность отличается от размерности $G^{(3)}$ и выражается произведением $r^{-1} \text{ см}^{-n} \text{ с}^{-1}$.

Если формула (1) справедлива в больших масштабах, $G^{(n)}$ также как и $G^{(3)}$ могла быть определена опытным путем, если бы измерения в этих масштабах нам были бы доступны. Чем меньше n , тем медленнее падает сила с ростом расстояния. Конечно, мы пока не можем предложить какого-либо закона, тем более теории для уменьшения n с расстоянием. Для упрощения математических выкладок предположим, что до некоторого расстояния R_0 от любого тела действует формула Ньютона, а за этим расстоянием — закон (1) с $n < 3$, т.е. суммарный закон на графике имел бы вид ломаной кривой. Таким образом, вокруг каждого тела как бы есть сфера радиуса R_0 , размерность внутри которой 3, а вне ее $n < 3$. Мы видим, что для случая $n < 3$ на заданном $r > R_0$ величина силы притяжения больше: $F^{(n)} > F^{(3)}$. Этот факт являет-

ся ключевым, чтобы считать $n < 3$. Число n мы пока также не знаем, но было бы интересно получить его из наблюдений. “Сшивка” двух законов на радиусе R_0 дает выражение для постоянной $G^{(n)}$:

$$G^{(n)} = G^{(3)} R_0^{n-3}. \quad (2)$$

Обратим особое внимание на то, что речь здесь может идти об R_0 только как об относительном расстоянии между телами, а не о какой-то “жестко закрепленной” области в пространстве, куда частицы могут входить и выходить. Иначе, во-первых, была бы нарушена концепция относительности пространства, которая, на мой взгляд, явилась завоеванием эйнштейнианской физики и должна быть сохранена во всех последующих теориях. Во-вторых, возникли бы трудности с универсальностью закона (1): гравитационная постоянная становится непостоянной, а закон тяготения зависимым от направления в пространстве.



Теоретические кривые вращения галактик с бесконечно тонким диском и экспоненциальной зависимостью поверхностной плотности массы в трехмерном пространстве (а), в двумерном пространстве, когда диск равномерно заполняет его (б) и в двумерном пространстве, когда ему принадлежит ось вращения и одномерный диск (в). Масштаб произволен

Возможно, что наше описание стало бы менее грубым, если предположить, что размерность ступенчато падает не на одном относительном расстоянии R_0 , а последовательно на нескольких расстояниях. Гравитационная постоянная изменялась бы при этом также скачкообразно. Если же падение размерности предположить непрерывным, то закон убывания силы тяжести стал бы более сложным, а не кусочно-степенным.

А теперь обратимся к вращению галактик. Для простоты все же вернемся к "ломаному" закону изменения силы. Сначала рассмотрим случай малого тела массы m , обращающегося вокруг точечного центрального тела с несравнимо большей массой M . Скорость вращения v малого тела на расстоянии r от центрального тела (если $r > R_0$), найдем из условия равенства силы (1) центростремительной силе mv^2/r

$$v^{(n)} = \sqrt{MG^{(n)} / r^{n-2}} = \sqrt{MG^{(3)} (r/R_0)^{3-n} r^{-1}}, \quad (3)$$

где во втором равенстве мы воспользовались условием (2) сшивки гравитационных постоянных. Очевидно, что в трехмерном случае $v^{(3)} = \sqrt{MG^{(3)} / r}$ и $v^{(n)}$ всегда больше $v^{(3)}$ при $r > R_0$ и $n < 3$. Из формулы (3) понятно поведение кривой вращения при $r \Rightarrow \infty$: этот асимптотический закон есть $v \sim r^{(2-n)/2}$.

Можно провести более аккуратный расчет для кривой вращения дисковой галактики. Диск галактики имеет конечную, хотя и небольшую толщину, но в нашем случае будем считать его бесконечно тонким. Это – простое и хорошее приближение. Примем, что распределение поверхностной плотности массы σ в диске имеет экспоненциальную зависимость от радиуса r , которая соответствует наблюдаемому распределению светящегося вещества

$$\sigma(r) = \sigma_0 \exp(-r/R_d),$$

где σ_0 – плотность в центре, а R_d – некоторый характерный радиус. Тогда в трехмерном пространстве скорость вращения галактики как функции ее радиуса возрастает, достигает максимума, а затем уменьшается приблизительно следуя зависимости

$$v \sim r^{-1/2}.$$

Обратимся теперь к случаю двумерного пространства и рассмотрим два варианта. Будем считать для простоты, что R_0 много меньше R_d . В первом варианте пусть тот же самый бесконечно тонкий диск с тем же распределением плотности заполняет все двумерное пространство (плоскость). Скорость вращения монотонно возрастает и выходит на постоянное значение, как и положено по асимптотическому закону для $n = 2$: $v \sim \text{Const}$.

Во втором варианте галактика лежит как бы поперек двумерного пространства: одномерная ось вращения и одномерный диск лежат в одной плоскости (двумерное

Вселенная

$\Omega_0^{(n)}$ n	открытая			плоская	замкнутая	
	0	0.1	0.3	1	3	10
3.0	19,6 12,2	17,6 11,0	15,8 10,0	13,0 8,2	10,0 6,3	6,9 4,3
2.8	19,6 12,2	18,1 11,3	16,6 10,4	14,6 8,7	11,0 6,8	7,6 4,8
2.6	19,6 12,2	18,6 11,6	17,4 10,9	15,0 9,4	12,1 7,6	8,6 5,4
2.4	19,6 12,2	19,0 11,9	18,2 11,4	16,3 10,2	13,6 8,5	10,1 6,3
2.2	19,6 12,2	19,3 12,1	18,9 11,8	17,8 11,1	15,8 9,9	12,5 7,8
2.0	19,6 12,2	19,6 12,2	19,6 12,2	19,6 12,2	19,6 (∞) 12,2	19,6 (∞) 12,2

Значения возраста Вселенной при различных значениях размерности n и параметра плотности материи во Вселенной (отношение средней плотности к критической) Ω . В левом верхнем углу клеток таблицы – возраст, вычисленный при значении постоянной Хаббла $H_0 = 50$ км/с Мпк, в правом нижнем – при $H_0 = 80$ км/с Мпк. Видно, что возраст больше при меньшей постоянной H_0 . При $n = 2$ – Вселенная линейно расширяющаяся, независимо от величины $\Omega^{(n)}$. Знак бесконечности в скобках указывает на существование статического решения

пространство “вращается” само, конечно, это более абстрактный случай). Скорость вращения имеет максимум, хотя и менее выраженный, чем в первом случае ($n = 3$), однако асимптотически кривая на графиках скорости также выходит на постоянное значение.

Сравнение с типичными наблюдаемыми кривыми вращения галактик показывает, что для некоторых галактик теория для случая $n = 3$ наилучшим образом соотносится с наблюдениями, а оба варианта случая $n = 2$ гораздо лучше. Конечно, случай $n = 2$ скорее следует рассматривать как предельный. В действительности

более вероятен промежуточный случай $3 > n > 2$, и правильно теоретически рассчитанное вращение будет чем-то средним. По крайней мере, асимптотическое падение скорости вращения у реальных галактик, похоже, подчиняется промежуточному закону между $v \sim r^{-1/2}$ и $v \sim \text{Const}$.

Этот вопрос нуждается в более подробных исследованиях.

В СТИЛЕ ЭЙНШТЕЙНА И ФРИДМАНА–РОБЕРТСОНА–УОКЕРА

Для ФРУ-модели мы можем записать уравнения Эйнштейна в произвольной целой размерно-

сти пространства n . Так же, как и в стандартной трехмерной ФРУ-модели, плотность вещества (ее физическая размерность теперь есть $г \cdot см^{-n}$) определяет, быть ли n -мерному пространству замкнутым, плоским или открытым. Аналогично вводится и параметр плотности $\Omega^{(n)}$. Для наиболее интересных значений числа n ($3 > n > 2$) эволюция моделей точно такая же, как и при $n = 3$: они все расширяются из начальной сингулярности с последующим сжатием замкнутого мира или вечным расширением плоского и открытого. (Не будем рассматривать инфляционные модели, в которых началь-

ные условия не предусматривают сингулярности.)

Характерно, что возраст Вселенной при $3 > n > 2$ всегда оказывается больше, чем в стандартной модели. В левом верхнем углу клеток таблицы значение возраста рассчитано при $H_0 = 50 \text{ км/с} \cdot \text{Мпк}$, а в правом нижнем – при $H_0 = 80 \text{ км/с} \cdot \text{Мпк}$. Мы видим, что наибольший и одинаковый возраст получается для $n = 2$ или $\Omega^{(n)} = 0$ (мир с пренебрежимо малой плотностью вещества). Видно, что чем больше $\Omega^{(n)}$ при заданном n , тем меньше возраст. Мы уже упоминали, что это одна из трудностей моделей с темной материей. Для плоского мира ($\Omega^{(n)} = 1$) возраст Вселенной выражается простой зависимостью

$$T = 2/nH_0^{-1},$$

где H_0 – современное значение параметра Хаббла.

При $n = 3$ отсюда следует стандартная формула, а при $n = 2$ возраст получается в полтора раза больше стандартного.

Случай $n = 2$ для уравнений Эйнштейна выделен, так как решения с типичными ФРУ-свойствами существуют только для $n > 2$. При $n = 2$, независимо от знака кривизны, другими словами при всех $\Omega^{(n)}$ существует линейно расширяющаяся Вселенная. Ее возраст составляет 19,6 млрд лет для $H_0 = 50 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$ и 12,2 млрд лет для $H_0 = 80 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$. Последнее тоже не очень-то совместимо с четырнадцатимиллиарднолетними шаровыми скоплениями.

Однако замечательно,

что при $n = 2$, помимо линейно растущего решения, существует статическое. Когда-то подобное решение казалось очень привлекательным – голубая мечта космологов старшего поколения. Психологически вечная статическая Вселенная уютнее и надежнее. В трехмерном пространстве, в отличие от двумерного случая, статическое решение невозможно без дополнительных предположений. Стремясь получить его, Эйнштейн в 1917 г. ввел в свои уравнения дополнительный, т.н. космологический член, содержащий новую неизвестную, космологическую постоянную.

В нашем двумерном случае постоянный радиус Вселенной R_B может быть выражен через полную массу вещества во Вселенной M_B и ее двумерную плотность $\rho^{(2)}$. Двумерный объем вещества равен $4\pi R_B^2$, поэтому

$$R_B = \sqrt{M_B / 4\pi\rho^{(2)}}.$$

Итак мы убедились, что в размерности $3 > n > 2$, возраст Вселенной в однородной и изотропной модели всегда больше, чем при $n = 3$, но остающийся небольшой зазор в возрасте для нестатических моделей, на наш взгляд, свидетельствует в пользу статической модели с $n = 2$. Пока в этих построениях размерность считалась постоянной на космологических масштабах, но более привлекательным кажется ее постепенное изменение от трех до

двух, причем значение два – предельное. Тогда, быть может, статическая Вселенная становилась бы двумерной на пределе расширения.

Подведем итоги. Показано, что размерность меньше трех помогает решить космологические проблемы. Но что понимается под размерностью? Является ли размерность 2 “глобальной”, т.е. трехмерное пространство схлопывается в поверхность, или же “локальной”, т.е. пространство становится дырчатым, фрактальным? Это неизвестно. Математическое описание в том виде, в котором оно дано, подразумевает глобальную размерность, однако возможно, что те же результаты будут справедливы и для локальной. В любом случае можно отделиться словом динамическая размерность, т.е. следующая из закона тяготения. Но такое понимание размерности существенно ограничено. Чтобы убедиться, что речь идет именно о размерности, а не о модификации закона тяготения, нужно, по крайней мере, доказать, что силы электрического и магнитного взаимодействия и распространение света имеют надлежащую зависимость от расстояния. С этой точки зрения следует проанализировать все независимые космологические наблюдения, которые нам доступны. Положительный результат привел бы к великому пересмотру наших представлений о Вселенной.

Солнечная активность и атмосфера

Г.С. ИВАНОВ-ХОЛОДНЫЙ,
доктор физико-математических наук
Институт земного магнетизма, ионосферы и
распространения радиоволн РАН

Многочисленны свидетельства того, что атмосфера и биосфера испытывают влияние солнечной активности. Однако до последнего времени не выделен физический механизм феномена. Непосредственное воздей-

ствие активных солнечных излучений на атмосферу и биосферу невозможно, поскольку энергия поглощается в верхних слоях атмосферы и не попадает в приземные слои. Не исключено, что возмущения под дейст-

вием изменений интенсивности ультрафиолетового излучения Солнца в слое озона передаются вниз и изменяют характер циркуляции атмосферы. А они вызывают ответную реакцию биосферы.

АКТИВНОСТЬ СОЛНЦА И АТМОСФЕРНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Член-корреспондент АН СССР **Э.Р. Мустель** в брошюре "Солнце и атмосфера Земли" (1957) в разделе "О воздействии солнечной активности на нижние слои атмосферы" и в сборнике "Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли" (1971) отмечал, что эта тема является до сих пор весьма дискуссионной и по существу сводится к вопросу о влиянии солнечной активнос-

ти на климат и погоду. Ситуация практически сохранилась до настоящего времени.

На эмпирическом уровне, правда, обнаружены самые различные связи между тропосферными явлениями и **фазами солнечного цикла** (СЦ). Так, в максимуме СЦ температура в тропиках на $0,5^\circ$ меньше, чем в минимуме, изменяется число гроз; уровень воды в озере Виктория в Африке также связан с фазами СЦ. По данным советского ученого Л.А. Вительса, за ис-

следованный им период 1900–39 гг. установлена связь между числом дней с глубокими циклонами над Северной Атлантикой и солнечной активностью. В 20-х годах английским ученым Дж. Уокером и советскими – Е.К. Федоровым, В.Ю. Визе – открыт **закон "акцентации"**, согласно которому происходит усиление (акцентирование) отклонения давления от нормы в период повышения солнечной активности, т.е. дополнительное понижение давления в районах с

циклонической циркуляцией, где давление обычно ниже среднего, и наоборот – повышение давления в районах с антициклонической циркуляцией. В период максимума СЦ вообще циркуляция атмосферы усиливается по всей Земле, что и объясняет более заметные отклонения давления и температуры от среднего, но в разные стороны (в зависимости от того, какой режим в регионе преобладает, – циклонический или антициклонический). Кроме того, оказалось, что в атмосфере статистически более заметно проявление не 11-летних, а более продолжительных – **22-, 80- и 90-летних циклов солнечной активности**. Однако, сильнее всего, по-видимому, выражен **квазидвухлетний цикл**.

Влияние солнечной активности часто имеет местный характер и непостоянно во времени. Поэтому многие видные метеорологи вообще отрицают воздействие солнечной активности на приземную атмосферу. Э.Р. Мустель считал, что зависимость существует, но из-за сложности процессов в тропосфере часто маскируется другими эффектами, вызванными в основном неравномерным нагреванием земной поверхности. Нельзя не учитывать также тренды в изменении климата.

По словам Э.Р. Мустеля, “решению всех указанных, крайне запутанных проблем должно помочь изучение возможных механизмов воздей-

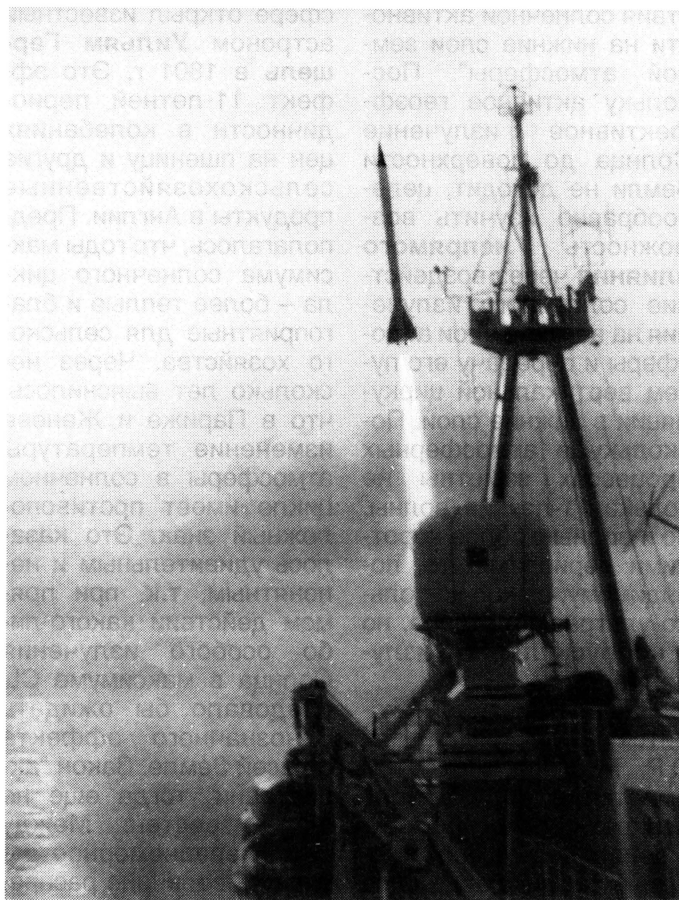
ствия солнечной активности на нижние слои земной атмосферы”. Поскольку активное геоэффективное излучение Солнца до поверхности Земли не доходит, целесообразно изучить возможность **непрямого влияния** через воздействие солнечного излучения на верхние слои атмосферы и передачу его путем вертикальной циркуляции в нижние слои. Поскольку в атмосферных процессах заметны не только 11-летние волны, но и волны с более короткими периодами, то, по-видимому, важно не только ультрафиолетовое, но и **корпускулярное излучение**.

Наша гипотеза находится в русле общей идеи Э.Р. Мустеля. При этом имеется в виду вполне конкретный способ возбуждения возмущений, которые возникают в слое озона под действием вариаций солнечного ультрафиолетового излучения. Передача энергии вниз происходит с помощью **ветровой системы** и это вызывает изменение циркуляции атмосферы. Для объяснения более короткопериодных вариаций, чем 11-летняя цикличность, вместо тезиса о роли корпускулярного излучения вводится современное представление о квазидвухлетней цикличности.

Интересно, что проявление эффектов солнечной активности в биосфере так же, как и в атмосфере, носит **региональный характер**. Один из первых эффектов в био-

сфере открыл известный астроном **Уильям Гершель** в 1801 г. Это эффект 11-летней периодичности в колебаниях цен на пшеницу и другие сельскохозяйственные продукты в Англии. Предполагалось, что годы максимума солнечного цикла – более теплые и благоприятные для сельского хозяйства. Через несколько лет выяснилось, что в Париже и Женеве изменение температуры атмосферы в солнечном цикле имеет противоположный знак. Это казалось удивительным и непонятным, т.к. при прямом действии какого-либо особого излучения Солнца в максимуме СЦ следовало бы ожидать однозначного эффекта по всей Земле. Закон “акцентации” тогда еще не был известен. Между тем, неравномерное по знаку и величине распределение эффектов солнечной активности было обнаружено в многочисленных исследованиях медицинских данных о массовых заболеваниях, эпидемиях людей, эпизоотиях животных, периодов массового размножения насекомых и грызунов.

Цены, урожайность, эпидемии – не лучшие показатели состояния биосферы, отражающие эффекты солнечной активности, поскольку они обусловлены не только изменениями окружающей среды, но и социальными факторами. Более надежны данные об изменении толщины **годовых колец прироста**, кото-



Запуск метеорологической ракеты МР-12 с борта научно-исследовательского судна "Профессор Визе" в Северной Атлантике в 1978 г. при проведении совместного советско-американского ракетного эксперимента по исследованию ионосферы и верхней атмосферы. В этом же рейсе были проведены комплексные измерения возмущений ионосферы в Южной Атлантике, где высыпание корпускулярных потоков особенно интенсивно

рые видны на срезах деревьев (дендрохронология). По годовым древесным кольцам достоверно установлен региональный эффект солнечной активности. Данные обширных дендрохронологических исследований на территории США за период с 1600–1700 гг. позволили установить, что при усреднении материала по большой территории так же, как для атмосферных процессов, четче выражена не 11-летняя, а 22-летняя периодичность.

Из приведенных примеров видно, что характер влияния солнечной активности на параметры

атмосферы и на биосферу имеет принципиальное сходство, но пока не ясен механизм воздействия солнечной активности.

Еще не так давно не были точно известны ни физические параметры атмосферы на больших высотах, ни физико-химические процессы, в ней протекающие. Кроме того, имелись лишь самые приблизительные представления о свойствах геоэффективных излучений, которые исходят из активных областей на поверхности Солнца. Только с развитием техники физических измерений с помощью геофизических

ракет и спутников обо всем этом были получены достоверные и надежные сведения. Были точно установлены спектр и интенсивность геоэффективного ультрафиолетового и корпускулярного излучения Солнца, а также их изменения в зависимости от солнечной активности. С учетом этого была успешно развита физическая теория образования **ионосферы** и возникновения геомагнитных возмущений в зависимости от колебаний солнечной активности. Такая теория позволила построить адекватную модель – лучшую, чем это было сделано до сего времени.

Ранее считалось, что влияние солнечной активности на атмосферу обусловлено изменениями солнечной постоянной излучения в течение 11-летнего цикла на 5–10%. Между тем спутниковые измерения установили, что эти изменения составляют не более двух десятых доли процента.

Мы предлагаем гипотезу, основанную на анало-

гии с механизмом влияния солнечной активности на процессы в ионосферных слоях и особенно в слое озона.

СЛОЙ ОЗОНА В "СЛОЕНОМ ПИРОГЕ" АТМОСФЕРЫ

По высоте верхняя атмосфера разделяется на некоторое количество характерных областей, или отдельных слоев, представляя собой своеобразный "слоеный пирог". Известны слой озона и слой атомного кислорода, в ионосфере – три основных слоя (D, E, F), в свечении ночного неба наблюдается ряд **эмиссионных слоев**.

Образование таких слоев, их число, высота и характерные параметры зависят от свойств атмосферы и определяются физическими процессами. Порождаются они активным излучением Солнца. Из-за резкого, экспоненциального уменьшения плотности атмосферы с увеличением высоты и свойства слоев заметно различаются.

Рассмотрим основную схему образования слоев, начав с наиболее простого случая: слоя E ионосферы, расположенного на высоте около 100 км. В 1930 г. **Сиднеем Чепменом** была создана теория образования в атмосфере слоев ионизации и диссоциации, возникающих под действием монохроматического излучения Солнца. В атмосфере, где плотность экспоненциально уменьшается с высотой, ионы образуются в основном в узком слое: его полуширина состав-

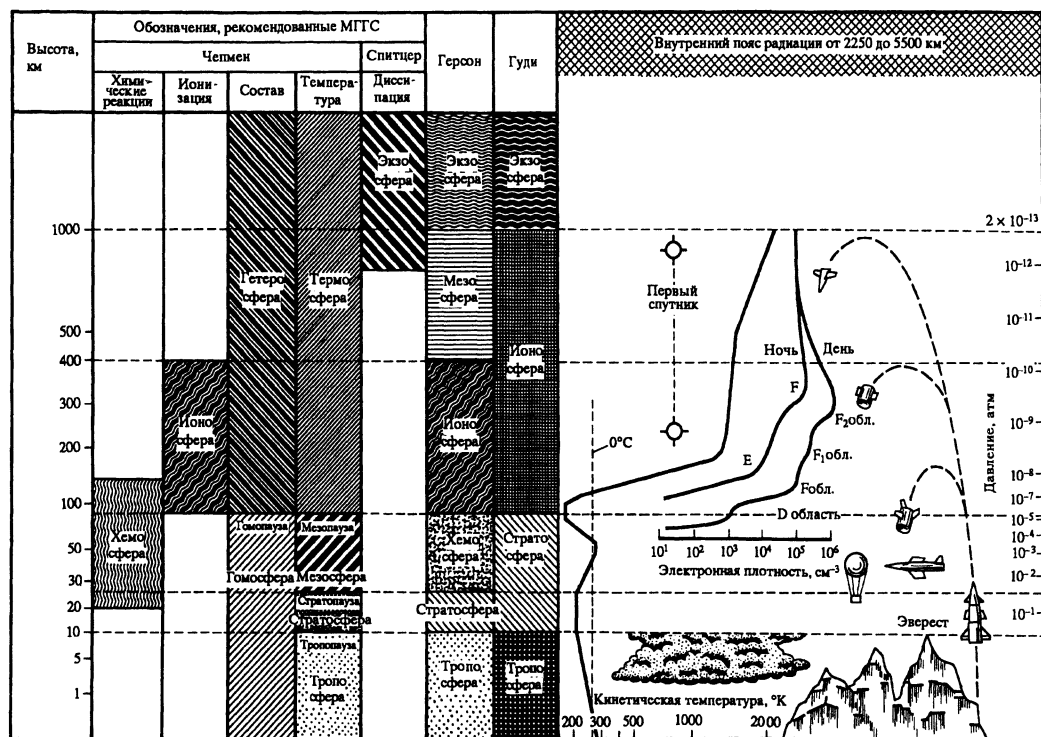
ляет всего 2,5 Н (Н – высота однородной атмосферы), или около 20 км для высоты 100 км. Высота максимума слоя не зависит от интенсивности излучения, а соответствует уровню, на котором падающее на атмосферу излучение поглотится в "е" раз (т.е. при оптической толщине, равной единице). Излучение, приводящее к образованию слоя E, **ионизирует молекулярный кислород**. В спектре ему соответствуют две близкие линии излучения – **977 и 1025 Å**, что создает тесную пару слоев ионизации, мало разнесенную по высоте. Образовавшиеся ионы могут участвовать в двух процессах: **рекомбинации** и **переносе**. Второй процесс на высоте слоя E менее значим и поэтому слой равновесной концентрации ионов расположен примерно на тех же высотах, где они образуются.

Уже первоначальный вариант теории С. Чепмена хорошо объяснил связь наблюдаемых изменений слоя E с широтой, сезоном и в течение дня, соединив их с изменением зенитного расстояния Солнца (т.е. углового расстояния от зенита до местоположения Солнца на небесной сфере). В современной теории при изучении влияния солнечной активности и геомагнитных возмущений на слой E учтено образование также и возбужденных на колебательный уровень ионов молекулярного кислорода. В результате получена пол-

ная картина всех вариаций не только концентрации ионов и электронов, но и высоты слоя E в зависимости от изменения гелиогеофизических условий.

В образовании слоя F ситуация посложнее. Во-первых, в ионизации участвует излучение не одной-двух монохроматических линий, а – широкой области спектра **100-800 Å**, которое образует ионы с максимумом на высотах 140-200 км (высота растет с увеличением зенитного расстояния Солнца). Во-вторых, слой раздваивается, так как часть ионов, по типу слоя E, образует слой F1 с максимумом на высотах ≈ 180 км, а часть их под действием процессов **молекулярной диффузии и с участием дрейфов** переносится вверх и образует слой F2 (главный слой ионосферы) с максимумом на высотах 220-320 км.

На примере слоя F2 впервые стало ясно, что за счет эффектов переноса благоприятная высота образования слоя может заметно отличаться от той высоты, где возникает максимум ионов. Это удивительное обстоятельство долгое время не учитывалось в теории слоя F2, которая по-настоящему сложилась фактически в последние 2-3 десятилетия. Между тем, как мы покажем, аналогичные условия возникают и в других случаях. Учет переноса под действием диффузии и дрейфов приводит к тому, что современная тео-



рия аккуратно описывает большинство наблюдаемых закономерностей изменения слоя F2 в зависимости от гелиогеофизических условий. И они совсем не похожи на те, что наблюдаются у простых "фотохимических" слоев E и F1 и долгое время именовались "аномальными", потому что нет ясной связи с зенитным расстоянием Солнца, зависимость от сезона имеет противоположный знак, в поведении слоя F2 в южном и северном полушарии существует **асимметрия**.

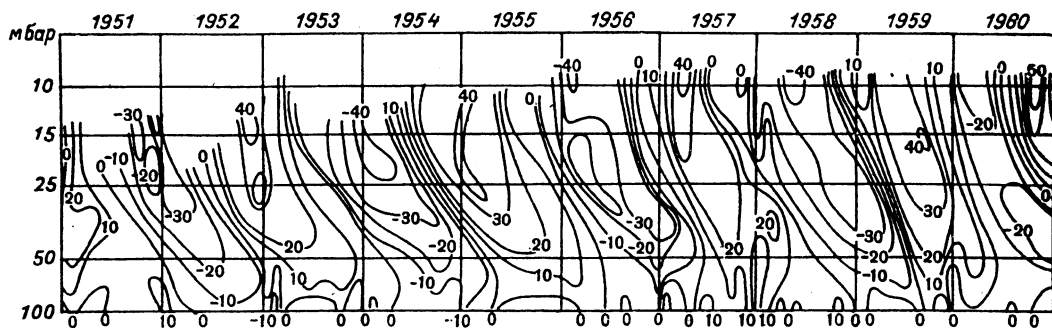
Под действием солнечного излучения в атмосфере происходит также **диссоциация молекулярного кислорода** в области высот от 30 до 100 км; ее максимум расположен на высоте 40 км.

Поскольку по наблюдениям максимум концентрации атомов кислорода находится на значительно большей высоте – 95 км – то так же, как и для слоя F2, его образование – результат не только одних физико-химических реакций: необходимо принять во внимание эффекты переноса под действием процессов диффузии. В отличие от слоя F2 в данном случае более интенсивна не молекулярная, а **турбулентная диффузия**. Это позволило понять удивительный результат, полученный по эффекту торможения спутников, о значительных полугодовых вариациях **атомного кислорода** и плотности верхней атмосферы на высотах более 200 км, где атомный кислород становится

Схема расположения в атмосфере основных областей, определяемых изменением с высотой температуры и развитием процессов диссоциации и ионизации (левая часть рисунка), а также распределение по высоте температуры и электронной концентрации (плотности)

преобладающей составляющей.

Он служит источником образования слоя повышенной концентрации озона на высотах от 30 до 80 км. Основной максимум его концентрации находится на высоте около 25 км. По современной турбулентно-фотохимической теории, развитой **Г.П. Гуциным**, в формировании слоя озона, наряду с фотохимическими реакциями, большую роль



играют также процессы турбулентной диффузии. Принимая их в расчет, становятся понятными и **сезонные вариации озона** (с максимумом – не летом, а весной и минимумом – не зимой, а осенью), и **широтные** (рост не от экватора к полюсу, а – наоборот). Эта теория объяснила также распространение озона вниз, вплоть до поверхности Земли, т.е. определила физический **механизм тесной связи приземной атмосферы со слоем озона**.

Оба примера (и по ионосфере, и по озону) ясно показывают, что только современная теория формирования слоев, учитывающая наряду с физико-химическими реакциями и перенос за счет процессов диффузии, в состоянии раскрыть наблюдаемые закономерности изменения слоев, в частности, в зависимости от солнечной активности.

КВАЗИДВУХЛЕТНИЕ ВАРИАЦИИ

В сравнительно длинных рядах данных о биосферных явлениях обнаружено влияние 11-летней цикличности солнечной деятельности. Известны работы А.Л. Чижевского (Земля и Вселенная, 1997,

№ 6), в которых исследовались ряды различных болезней и смертности и представлены многочисленные примеры проявления 11-летних циклов.

При анализе рядов данных о рождаемости и смертности (кроме 11-летней) нами выявлена и квазидвухлетняя цикличность (примерно **26 месяцев**). При этом годам с пиком смертности соответствуют года с минимумом рождаемости. В обоих рассмотренных случаях не ясна природа физического агента, воздействующего на эти процессы. Поэтому ценность полученной информации в значительной степени снижается, а зачастую по заведенным обычаям и сам обнаруженный факт ставится под сомнение. Учитывая, что в вариациях динамики атмосферы присутствуют как 11-летние, так и квазидвухлетние цикличности, естественно попытаться связать появление аналогичных циклов в биосфере через **динамику атмосферы**.

Обычно о влиянии солнечной активности судят по известным 11-летним циклам. Для атмосферных процессов характерны, как обнаружено около 40 лет тому назад,

Изменение характеристик ветров в тропической атмосфере на высотах 16-31 км (соответственно давление 100-10 мбар) приводит к тому, что на каждом уровне атмосферы происходит смена направления ветров с восточных (отрицательные значения скорости ветра в м/сек) на западные (положительные значения скорости)

квазидвухлетние осцилляции. Их источник – соответствующие квазидвухлетние колебания солнечной активности. Они проявляются в динамике атмосферы, в изменениях систем ветров, струйных течений, а также температуры тропосферы и стратосферы. Наиболее примечательно, что в экваториальной области на стратосферных высотах наблюдается периодическая **смена восточных и западных ветров**. До последнего времени это любопытное явление не получило общепринятого объяснения. Суть его в том, что в стратосфере на уровне давления 10–15 мбар (высота около 30 км) попеременно возникают то восточные, то западные ветры. Полная квазипериодиче-

ская смена направлений ветра происходит с периодом, равным примерно 26 месяцам. Образующиеся в стратосфере ветры передаются вниз, создавая квазидвухлетние волны на каждой высоте во всей толще атмосферы, расположенной ниже стратосферы, и приводя к соответствующим изменениям динамики атмосферы. Остается неясным, почему этот малый солнечный цикл более предпочтителен в атмосфере, чем другие циклы, например 11-летний цикл или 27-дневные вариации. Между тем, 11-летние и 27-дневные вариации, наряду с квазидвухлетними вариациями, ясно видны во многих рядах геофизических данных: ионосферных, магнитосферных, свечении верхней атмосферы. Очевидно, что механизмы воздействия активных солнечных излучений на процессы верхней атмосферы и на приземную атмосферу в чем-то существенно различаются. Выдвигаемая нами гипотеза отвечает и на вопрос, почему в вариациях атмосферы влияние квазидвухлетней цикличности солнечной активности преобладает.

О ФИЗИЧЕСКОМ МЕХАНИЗМЕ ЭФФЕКТОВ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

У предлагаемой гипотезы – четыре основных положения. Поскольку актив-

ные излучения Солнца не доходят до поверхности Земли, к ней, в соответствии с идеей Э.Р. Мустеля, передается возмущение из верхней атмосферы. Слой стратосферного озона ближе других слоев расположен к поверхности Земли и к тому же на нем отражаются все вариации солнечного ультрафиолетового излучения. Спутниковые наблюдения концентрации озона в стратосфере выявили ее зависимость от солнечной активности, обнаруживая 11-летнюю и квазидвухлетнюю цикличность. Колебания интенсивности солнечного ультрафиолетового излучения воздействуют не только на концентрацию озона, но синхронно изменяет и температуру окружающего газа, так как нагрев его в стратосфере обусловлен нагревом озона. Изменения температуры стратосферы, в свою очередь, нарушают градиент температуры, что сопровождается движениями вверх или вниз в зависимости от того, повышается температура или понижается. Такие движения **из-за вращения Земли** (под действием кориолисовой силы) превращаются в **восточные и западные ветры**. В стратосфере действительно наблюдают сильные восточно-западные ветры, они хорошо известны метеорологам и летчикам и называются **струйными течениями**.

Горизонтальные струйные течения в стратосфере

под действием турбулентной диффузии постепенно передаются вниз во все более плотные слои атмосферы. На каждой высоте образуются волны из смены восточных и западных ветров, которые уже 40 лет наблюдают метеорологи с помощью шаров-зондов в экваториальной зоне до $\pm 30^\circ$ широты. В целом время передачи полной волны, состоящей из восточной и западной компонент во всем слое атмосферы, составляют величину, близкую к квазидвухлетней.

Рассмотренный процесс в атмосфере служит временным фильтром, и из вариаций солнечного излучения отбирается только квазидвухлетняя составляющая.

Образовавшиеся **волны смены восточных и западных ветров вызывают соответствующие квазидвухлетние изменения в динамике, т.е. в циркуляции атмосферы**.

Таким образом, не непосредственно, а косвенно, в результате действия определенной цепи процессов квазидвухлетние вариации солнечного ультрафиолетового излучения преобразуются в аналогичные вариации динамики (циркуляции) атмосферы. Одновременно это объясняет и существование подобных периодов в биосфере.

Как я строил телескоп и что из этого получилось

Существуют очень хорошие и подробные инструкции о том, как самому сделать телескоп, но почти не встречаются рассказы о том, как же конкретно создавались телескопы любителями астрономии, какие проблемы при этом возникали. И мне захотелось

поделиться опытом моей работы по строительству телескопа.

Сразу же скажу, что у меня получился неплохой телескоп-рефлектор по оптической схеме Ньютона. Диаметр главного параболического зеркала – 165 мм, фокусное расстояние – 1080 мм, относительное отверстие – 1:6,55.

Перед началом работы у меня были две стеклянные заготовки одинакового диаметра, одна послужила шлифовальником, другая – будущее зеркало. Шлифовка и полировка зеркала производилась вручную на простейших приспособлениях в виде вращающегося столика, нижнее неподвижное основание которого крепилось к устойчивому столу. Так как заготовка имела толщину всего 12,5 мм, недостаточную для стекла диаметром 165 мм, предусматривалось разгрузочное приспособление на 6 равноудаленных точек, что, в окончательном варианте, используется в оправе главного зеркала готового телескопа.

Для ускорения первой стадии грубой шлифовки – обдирки, применялось толстостенное металлическое кольцо подходящего диаметра. Шлифующим материалом был абразивный порошок – электрокорунд белый (ЭБ) №№ 25, 12,6 и 4. Для тонкой шлифовки я подготовил из выработанного при грубой шлифовке абразива минутники: 15, 30, 60 и 120 минутные фракции. Более сильное давление использовал при грубой шлифовке, при тонкой – уменьшал давление в несколько раз.



Телескоп. Общий вид на установке



Контроль качества шлифованной поверхности осуществлялся с помощью сильной лупы и в отраженном свете косо падающих на зеркало лучей от лампы дневного света.

На первых порах не все проходило гладко, особенно на стадиях тонкой шлифовки, приходилось возвращаться к перешлифовке более крупными фракциями абразива из-за появления царапин и отклонений формы поверхности от сферической (при шлифовке надо добиваться формы поверхности, близкой к сфере). Чтобы избежать этого, регулировал изменение давления на зеркало при обработке, а также повторно отмучивал приготовленные минутники. Все же удалось добиться желаемого результата и перейти к полировке.

В качестве полировальника служил выполнивший свое первоначальное предназначение шлифовальник, выпуклая сторона которого покрывалась слоем полировочной смолы. Расплавленная и остуженная до густоты жидкой сметаны полировочная смола, состоящая из смеси битума и канифоли, наливалась на подготовленный шлифовальник, установленный выпуклой стороной вверх. Затем в застыв-

шей смоле паяльником со специальным наконечником из жести прорезались канавки для циркуляции полирита и производилась формовка смоленным в теплой воде зеркалом. Для испытаний зеркала применялся самодельный теневой прибор, работающий на основе метода Фуко. Чтобы повысить точность измерений, необходимых при испытаниях параболического зеркала по зонам, в теневом приборе была предусмотрена установка индикатора часового типа (ИЧС) с ценой деления 0,01 мм.

В ходе полировки пришлось отказаться от давления на зеркало вообще, так как не удавалось добиться равномерного давления от рук, а это приводило к ошибкам поверхности. Полностью отполировать зеркало удалось примерно за 50 часов работы, затем приступил к его фигуризации. В процессе работы перепробовал все известные мне методы изменения формы поверхности зеркала — подрезку и формовку. Лучший результат дала формовка полировальника в виде звезды, с началом лучей в зоне 0,5 диаметра зеркала. В ходе полировки и фигуризации поверхность зеркала получала разнообразные варианты зональных ошибок, как по отдельным видам, так и в комплексе. Но все же, научившись управлять ходом фигуризации, удалось направить процесс в нужное русло. Что интересно, в ходе полировки и фигуризации идеальная сферическая поверхность, без видимого теневого рельефа, получалась раза четыре. Наконец, после 35 часов фигуризации была достигнута нужная форма поверхности — плавная, без резких изломов. Продольная аберрация оказалась чуть меньше расчетной, но в пределах допуска. Это означает, что зеркало плавно и симметрично ушло от сферической формы, но слегка не дошло до параболической, что практически не сказалось на качестве изображения.

Труба телескопа сделана из кро-

вельной стали толщиной 0,5 мм. Для увеличения жесткости внутрь вставлены три алюминиевых кольца от старых кастрюль. Длина трубы – 1130 мм, внутренний диаметр – 188 мм, что обеспечивает необходимый линейный поперечник поля зрения без виньетирования – 23 мм.

Для отклонения лучей, отраженных от зеркала в окулярную трубку, применяется призма AP-90 с размерами катетов 48 × 48 мм, что соответствует критерию Релея для сохранения невозмущенной дифракционной картины: $P_{\text{экр}} < 11\%$.

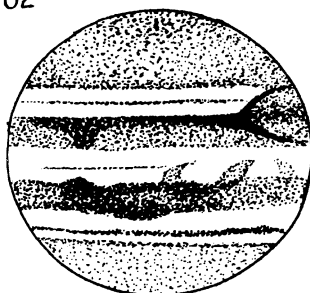
Окулярный узел собран на базе фокусировочного механизма и тубуса от старого фотоаппарата ФЭД.

Из имеющихся линз и клееных ахроматических пар удалось сконструировать три окуляра по симметричной схеме. Фокусные расстояния их 30,8, 15 и 8 мм, линейные поперечники поля зрения (полевые диафрагмы) – 22,7, 10,5 и 5,4 мм. Увеличения телескопа с этими окулярами 35 $\times$, 72 $\times$ и 135 $\times$ соответственно, поля зрения – 1°12', 33' и 18'.

На телескопе, вблизи окулярной трубки, укреплен самодельный искатель с диаметром объектива 38 мм и фокусным расстоянием 210 мм. Самодельный окуляр, собранный по схеме Кельнера из готовых линз, дает увеличение искателя 6 $\times$ и поле зрения 4°30'. Окуляр имеет крест нитей из тонкой проволоки для точного наведения на объект, а также небольшое диагональное зеркало, отражающее лучи на угол в 90°.

Монтировка телескопа сделана азимутальной по простой схеме Добсона. У меня нет возможности разместить телескоп стационарно. Поэтому и пришлось выбрать несложную монтировку, которую можно выносить во двор для наблюдений и в то же время иметь надлежащую жесткость. Основание (станина) изготовлено из двух толстых досок, скрепленных между собой в виде буквы Т. Снизу основания укреплены три опоры из дерева, т.е. верхняя плоскость станины расположена на высоте 35 см над землей. На станине укреплен стер-

$$T_M = 0^h 02^m$$

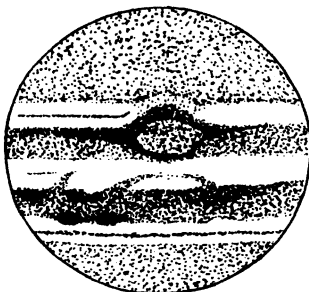


24.08.97₂

$\Gamma_T : 135^\times$

Зарисовка Юпитера

$$T_M = 0^h 50^m$$



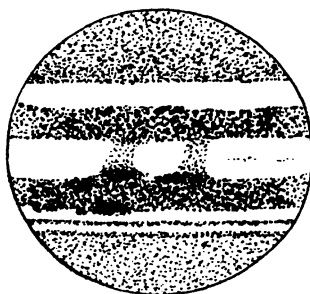
24.08.97₂

$\Gamma_T : 135^\times$

Зарисовка Юпитера

24.08.97₂

135 $\times$



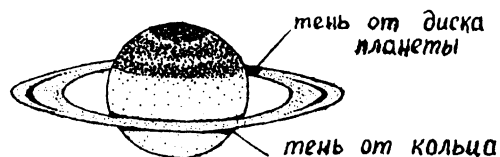
$T_M = 23^h 39^m$

Зарисовка Юпитера

1.12.97г.

135 $\times$

Зарисовка Сатурна

Сатурн. $T_m = 19^h 45^m$

жень – вертикальная ось; на нее надевается металлический диск диаметром 33 см – платформа вилки. Вилка сварена из стального уголка № 45 с ребрами жесткости и приварена к диску. Диск опирается на три шара от подшипника, вставленные в специальные гнезда на верхней плоскости станины. Шары расположены симметрично по окружности радиусом 12 см. Они служат опорой для платформы вилки и обеспечивают ее плавное вращение вокруг вертикальной оси. В верхних частях консолей вилки сделаны прорезы для посадки трубы телескопа с полуосями. Получилась удобная переносная установка, быстро собираемая. Общая масса установки и телескопа около 20 кг.

Первые испытания телескопа (апрель 1997 г.) показали хорошее качество оптики. Проницающая сила – до 12,6 m , разрешающая способность при хороших атмосферных условиях – около 1". В телескоп можно видеть много деталей на Луне. При пробных наблюдениях Марса в мае были хоро-

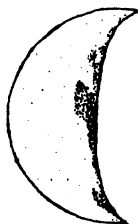
шо видны северная полярная шапка, темные пятна морей; уверенно различались их контуры, хотя угловой диаметр Марса в этом месяце был всего 10".

Неплохо видны многие галактики, туманности и звездные скопления. Очень эффектно выглядят скопления галактик в созвездиях Девы и Волос Вероники. Особенно впечатляют галактики M81 и M82, когда в поле зрения окуляра с малым увеличением (35 $\times$), они видны одновременно. При увеличении 72 $\times$ весьма выразительно смотрится кольцо планетарной туманности в созвездии Лиры, а края шарового скопления M13 в созвездии Геркулеса уверенно разрешаются на звезды.

При наблюдениях Луны и планет желательно большое увеличение. Обычно применял 72 $\times$ или 135 $\times$ (в зависимости от атмосферных условий). Иногда атмосфера была настолько спокойной, что можно было бы наблюдать и при больших увеличениях. Я пробовал применить одиночную отрицательную линзу в качестве линзы Барлоу, но особого успеха не добился. Хотя увеличение возросло до 200 $\times$, качество настолько ухудшалось, что наблюдения становились невозможными.

В 1997 году я посвятил много времени наблюдениям Юпитера и Сатурна, особенно явлениям в системе спутников Юпитера. При увеличении 135 $\times$ очень хорошо видны тени от спутников Юпитера на поверхности планеты, когда спутники проходят перед ее диском. При особо хороших условиях можно увидеть силуэт Ганимеда на светлом фоне облачного покрова Юпитера. Остальные спутники можно различать лишь на краях диска при прохождении их перед планетой, затем их блеск сливается с блеском облачного покрова Юпитера. Основы-

26.11.97г.

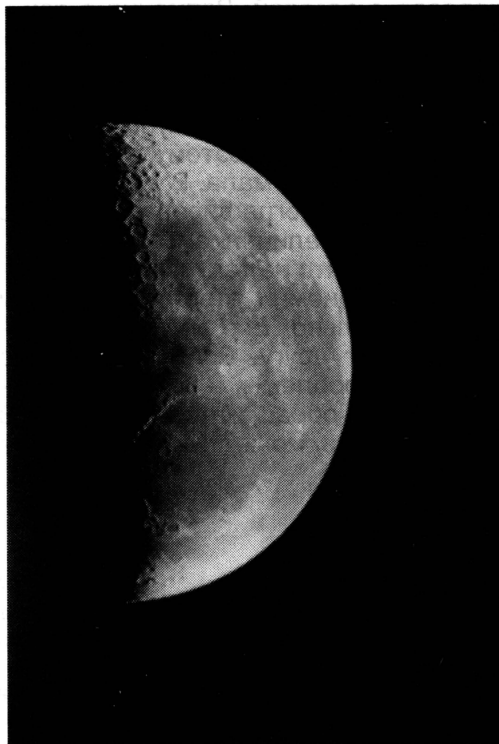
135 $\times$ $F = 0,37$ $\theta = 33''$ Венера. $T_m = 16^h 05^m$

Зарисовка Венеры

ваясь на своих наблюдениях, я рассчитывал периоды обращения спутников и строил графики конфигураций спутников относительно планеты на последующее время, при этом периодически сверял расчеты с наблюдениями.

Любопытное явление удалось пронаблюдать 14 сентября при прохождении Ганимеда перед диском Юпитера. В 21 ч 05 мин (время московское) был виден силуэт Ганимеда на фоне Юпитера. В это же время из тени Юпитера вышел другой спутник – Ио, который через 40 минут стал постепенно “гаснуть”, уменьшив блеск до $9,5^m$ – 10^m . Солнечное затмение на Ио, вызванное Ганимедом, продолжалось 20–30 с и, по-видимому, было частным. В 22 ч 46 мин тень Ганимеда появилась на диске Юпитера, а сам спутник сошел с диска планеты в 22 ч 57 мин. Ио к этому времени уже ушел на приличное расстояние от планеты.

На поверхности Юпитера при нормальных атмосферных условиях хорошо различимы детали, изображенные на рисунках. Очень интересно следить за изменением интенсивности полос, их цвета, а также за цветом и формой южного тропического возмущения. За все время наблюдений, с мая по сентябрь, это пятно было овальной формы, светло-розового цвета, обрамлено более темным кольцом облачного покрова коричневато-го цвета разной интенсивности: тропические полосы светло- и темно-коричневого цвета, при этом северная выглядит темнее и чуть уже южной. В них наблюдаются детали в форме темных и белых сгустков, линий. Между тропическими полосами, в светлой экваториальной зоне, иногда наблюдаются мостики и перемишки, а также едва уловимая тонкая темная полоска, пересекающая экватор. Между северной тропической полосой и полярной шапкой в умеренной зоне хорошо видна тонкая темная полоса, гораздо уже тропических. Полярные шапки выглядят светлее полос, цвет – серо-



коричневый, причем южная видна лучше северной. В южной полярной шапке периодически наблюдалось какое-то расслоение в виде тонкой белой полоски, чаще появляющейся перед выходом южного тропического возмущения из-за края диска.

На диске Сатурна также видны некоторые детали: южная полярная шапка и отделенная небольшим промежутком от нее полоса коричневого цвета. Раскрытие кольца в этом году невелико, однако при увеличении $135\times$ хорошо видна щель Кассини на более широких участках кольца, а также тень от кольца на диске планеты в форме тонкой черной ниточки. Из спутников Сатурна удалось увидеть только четыре: Титан и Рея видны хорошо всегда, а Тетия и Диона видны похуже, так как они ближе к планете и блеск их невелик ($10,3^m$ и $10,4^m$).

Готовясь к наблюдению лунного затмения 16 сентября, я приспособил фотоаппарат “Мир” для съемок в главном фокусе, но, к сожалению, не

повезло с погодой. Затмения я так и не увидел. В последующие ночи сделал несколько пробных снимков Луны, кое-какие детали на них видны, но масштаб мал. Диаметр Луны на снимках всего 10 мм, поэтому разрешающая способность мала. В дальнейшем планирую фотографировать Луну с окулярным увеличением.

Полагаю, что не так уж много любителей астрономии строят телескопы самостоятельно. Все мы должны помогать друг другу. Если у кого-либо появятся проблемы, в которых я смогу помочь, обращайтесь ко мне. В свою очередь, может быть кто-то мне

может сказать, где достать ахроматическую отрицательную склейку для использования ее в качестве линзы Барлоу. Знаю, что подобные линзы применяются в телескопах "Алькор" и "Мицар", но их, по-видимому, отдельно не приобрести. А мне хотелось бы использовать полностью допустимую эффективность телескопа. Для 165-мм зеркала предельное разрешающее увеличение может достигать 235 $\times$.

ПЕКУР СЕРГЕЙ НИКОЛАЕВИЧ
352700 Адыгея, г. Майкоп
ул. Ленина, 87, кв. 1

Информация

Метеоритный кратер под водой

В 1981 г. американская экспедиция на борту научно-исследовательского судна "Элтанин" обнаружила на дне моря Беллинсгаузена кратерную структуру, явно вызванную падением крупного небесного тела. Она получила название по имени корабля открывшей ее экспедиции. В 1995 г. здесь было произведено бурение и взяты об-

разцы геологических пород. Через два года сотрудник Института полярных и морских исследований в Бремерхафене (Германия) Р. Герзонде завершил исследование и произвел расчеты явления.

Ученый вычислил, что кратер мог возникнуть при падении астероида диаметром ок. 1 км в морской бассейн глубиной ок. 5 км. При этом в воде образовалась воронка диаметром ок. 20 км, а волна по ее краю достигала высоты до 4 км. Вследствие этого к тихоокеанским берегам Южной Америки подошла волна цунами высотой 20-40 м, которая, надвигаясь на мелководье, достигла 1000 м над уровнем моря.

Но наибольший эффект столкновение с астероидом могло вызвать на берегах Антарктиды. Р. Герзонде утверждает, что обнаруженные в Сухих долинах Антарктиды ископаемые остатки диатомовых водорослей – следы падения "элтанинского" небесного тела. Водоросли были заброшены сюда волной цунами. Большинство специалистов связывает появление диатомовых водорослей в Антарктиде с потеплением климата в эпоху плиоцена (3-5 млн лет назад). Возможно, теперь им придется пересмотреть историю антарктического оледенения.

New Scientist, 1997, 156, 11

Что нового на Юпитере?

Около 60 лет назад астрономы обнаружили, что на Юпитере, кроме **Большого Красного пятна**, есть еще три пятна поменьше, расположенные несколько южнее первого. Это воронкообразные овалы белого цвета в плотной атмосфере Юпитера. Они перемещаются на видимой поверхности планеты друг за другом, образуя цепочку с взаимными рас-

стояниями около 70 000 км. По земным масштабам это гигантские образования, до 9000 км в поперечнике.

Наблюдения на Космическом телескопе им. Хаббла помогли установить, что в течение 1994-96 гг. расстояние между пятнами сократилось до 20 000 км. В августе 1997 г. сотрудница университета в Лас-Крусесе (штат Нью-Мексико, США) Эми Саймон на конференции Американского астрономического общества сообщила, что "ве-

дущее" пятно, наиболее крупное из трех, замедлило движение, соприкоснувшись с мощной встречной ветровой системой. В результате два следующих за ним пятна приблизились к первому. Впрочем, по мнению Э. Саймон столкновения не произойдет, так как атмосферные вихри между белыми пятнами направлены в противоположные стороны и не дадут пятнам соприкоснуться.

Science News, 1997, 152, 7, 107

НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: МАЙ-ИЮНЬ 1998 г.

ЯВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ СОЛНЦЕ–ЗЕМЛЯ

Летнее солнцестояние Июнь 21, 14^ч 22^м 33^с

ФАЗЫ ЛУНЫ

Ново- луние	Первая четверть	Полнолуние	Последняя четверть
Май 25, 19 ^ч 32 ^м	Май 3, 10 ^ч 04 ^м	Май 11, 14 ^ч 29 ^м	Май 19, 14 ^ч 29 ^м
Июнь 24, 3 ^ч 50 ^ч	Июнь 2, 1 ^ч 45 ^м	Июнь 10, 4 ^ч 18 ^м	Июнь 17, 10 ^ч 38 ^м

ПЕРИГЕЙ И АПОГЕЙ ЛУНЫ И РАССТОЯНИЯ ДО ЛУНЫ

Апогей	Перигей	Апогей	Перигей
Май 8, 8,9 ^ч	Май 23, 23,9 ^ч	Июнь 4, 23,7 ^ч	Июнь 20, 17,4 ^ч
405861 км	361660 км	404925 км	366593 км

ПЛАНЕТНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ

Меркурий: наибольшая западная элонгация (27°) Май 4, 16^ч 45^м
Верхнее соединение Июнь 10, 6^ч 57^м

Уран: стояние Май 17, 16^ч 18^м

СОЕДИНЕНИЯ ПЛАНЕТ С ЛУНОЙ И МЕЖДУ СОБОЙ

Май 17, 7^ч 24^м Нептун в 2° к югу от Луны
Май 20, 23^ч 16^м Юпитер на 0,4° к северу от Луны
Май 22, 21^ч 50^м Венера в 2° к северу от Луны
Май 23, 8^ч 13^м Сатурн в 2° к северу от Луны
Июнь 14, 4^ч 43^м Уран в 2° к югу от Луны
Июнь 17, 11^ч 01^м Юпитер на 0,8° к северу от Луны
Июнь 19, 20^ч 17^м Сатурн в 2° к северу от Луны
Июнь 21, 14^ч 27^м Венера в 3° к северу от Луны

Май 12, 16^ч 06^м Меркурий на 1° к югу от Сатурна
Май 29, 1^ч 38^м Венера на 0,3° к северу от Сатурна
Июнь 5, 10^ч 59^м Меркурий на 0,3° к югу от Марса

Нептун: стояние Май 4, 5^ч 14^м
Плутон: наименьшее геоцентрическое расстояние
29,0749 а.е. = 4350 млн км
Май 27, 22^ч 21^м
противостояние Май 28, 5^ч 14^м

ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ

Дата	Прямое восхождение	Склонение	Видимый диаметр	Блеск
Меркурий				
Май	8 1 ^h 22,0 ^m	5°18'	7,4"	0,3 ^m
	16 2 00,7	9 14	6,5	-0,1
	24 2 49,3	14 08	5,7	-1,3
Июнь	1 3 49,1	19 15	5,2	-2,2
	9 5 00,5	23 22	5,1	-1,2
	17 6 16,6	25 02	5,2	-0,5
	25 7 26,1	23 56	5,6	-0,1
Венера				
Май	8 0 19,8	0 28	16,7	-4,0
	16 0 53,8	3 47	15,8	-4,0
	24 1 28,3	7 07	15,0	-3,9
Июнь	1 2 03,5	10 22	14,3	-3,9
	9 2 39,6	13 26	13,6	-3,9
	17 3 16,8	16 13	13,1	-3,8
	25 3 55,1	18 37	12,6	-3,8
Марс				
Июнь	8 3 03,7	17 18	3,8	1,3
	16 3 27,1	18 53	3,8	1,3
	24 3 50,7	20 17	3,8	1,4
Июнь	1 4 14,4	21 28	3,8	1,4
	9 4 38,3	22 26	3,7	1,5
	17 5 02,2	23 11	3,7	1,5
	25 5 26,1	23 42	3,7	1,5
Юпитер				
Май	8 23 28,0	-4 35	36,0	-2,2
	16 23 33,2	-4 03	36,8	-2,3
	24 23 38,0	-3 34	37,6	-2,3
Июнь	1 23 42,3	-3 09	38,4	-2,4
	9 23 46,0	-2 47	39,4	-2,4
	17 23 49,2	-2 28	40,4	-2,5
	25 23 51,7	-2 15	41,3	-2,5
Сатурн				
Май	8 1 41,3	+8 05	16,2	0,6
	16 1 44,9	8 25	16,3	0,6
	24 1 48,4	8 44	16,4	0,6
Июнь	1 1 51,7	9 01	16,6	0,6
	9 1 54,9	9 17	16,7	0,6
	17 1 57,8	9 32	16,9	0,5
	25 2 00,4	9 44	17,1	0,5
Уран				
Май	8 21 01,4	-17 37	3,5	5,8
	16 21 01,6	-17 36	3,5	5,8
	24 21 01,5	-17 37	3,5	5,7
Июнь	1 21 01,3	-17 38	3,5	5,7
	9 21 00,8	-17 41	3,6	5,7
	17 21 00,2	-17 44	3,6	5,7
	25 20 59,3	-17 47	3,6	5,7
Нептун				
Май	8 20 17,4	-19 20	2,4	7,9
	16 20 17,2	-19 20	2,5	7,9
	24 20 16,9	-19 21	2,5	7,9
Июнь	1 20 16,5	-19 22	2,5	7,9
	9 20 16,0	-19 24	2,5	7,9
	17 20 15,4	-19 26	2,5	7,9
	25 20 14,7	-19 29	2,5	7,9

УСЛОВИЯ ВИДИМОСТИ ПЛАНЕТ

МЕРКУРИЙ: Видимости нет.

ВЕНЕРА: Утренняя видимость. Пройдет по созвездиям Рыб, Кита, опять Рыб, Овна и Тельца.

МАРС: Видимости нет.

ЮПИТЕР: Утренняя видимость, постепенно улучшающаяся. Созвездия Водолея и Рыб.

САТУРН: Утренняя видимость начинается в июне. Созвездие Рыб.

УРАН и НЕПТУН: Оба находятся в созвездии Козерога. Утренняя видимость, постепенно улучшающаяся.

Восход Солнца и планет с утренней видимостью на широте 56°

Дата	Солнце	Венера	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
Май 8	4 ^ч 02 ^м	3 ^ч 10 ^м	2 ^ч 48 ^м	3 ^ч 45 ^м	1 ^ч 46 ^м	1 ^ч 15 ^м
Май 16	3 46	2 53	2 19	3 15	1 15	0 44
Май 24	3 33	2 36	1 49	2 46	0 43	0 12
Июнь 1	3 22	2 19	1 20	2 16	0 12	23 40
Июнь 9	3 16	2 03	0 50	1 46	23 40	23 08
Июнь 17	3 13	1 50	0 20	1 15	23 08	22 37
Июнь 25	3 14	1 38	23 49	0 45	22 37	22 05

Восход Солнца и планет с утренней видимостью на широте 50°

Дата	Солнце	Венера	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
Май 8	4 25	3 11	2 43	3 56	1 24	0 50
Май 16	4 13	2 58	2 15	3 26	0 52	0 18
Май 24	4 03	2 45	1 46	2 57	0 21	23 46
Июнь 1	3 56	2 32	1 16	2 27	23 49	23 15
Июнь 9	3 52	2 21	0 47	1 57	23 18	22 43
Июнь 17	3 50	2 11	0 17	1 28	22 46	22 11
Июнь 25	3 52	2 05	23 47	0 58	22 14	21 39

П р и м е ч а н и е: В таблицах указано местное время. Чтобы определить время захода (восхода) по Вашим часам, прибавьте к моменту, указанному в таблице, разницу между временем Вашего часового пояса и всемирным временем УТ и вычтите долготу пункта наблюдений.

КОМЕТЫ

Из комет ярче 13^м в мае-июне 1998 г. на северном небе будут видны: комета Темпеля-Таттла (с нею связан

метеорный поток Леонид), комета Клемолы, комета Хауэлл. (P – период обращения, e – эксцентриситет, i – наклон орбиты.)

Дата	Прям. восх.	Склонение	Гелиоц. расст.	Геоц. расст.	Блеск
------	-------------	-----------	----------------	--------------	-------

Комета Темпеля-Таттла (P = 33,5 г. e = 0,91 i = 162,7°)

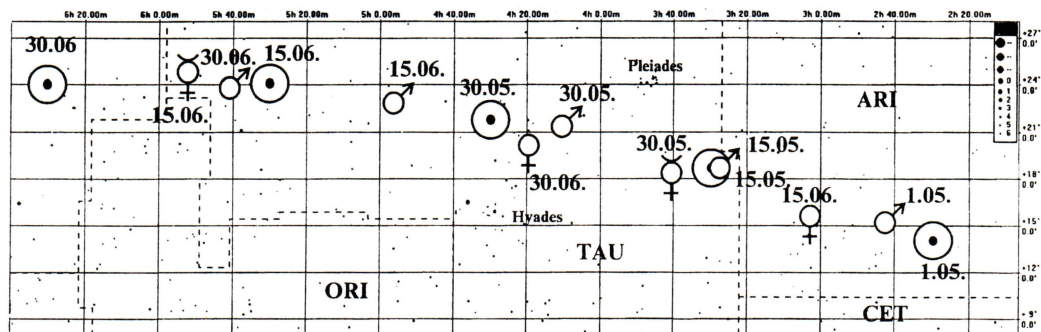
Май 21	1 01	–7 42	2,095	1,641	11,5
Июнь 10	0 49	–10 18	1,875	1,868	11,8
Июнь 30	0 21	–22 29	1,639	2,096	12,0

Комета Клемолы (P = 11 лет e = 0,64 i = 10,6°)

Май 1	23 34	1 13	2,298	1,755	12,2
Май 21	0 25	5 10	2,197	1,766	12,2
Июнь 10	1 13	8 31	2,101	1,801	12,2
Июнь 30	1 58	10 58	2,006	1,858	12,2

Комета Хауэлл (P = 5,9 лет e = 0,51 i = 5,6°)

Май 1	13 16	–3 48	1,080	2,050	10,8
Май 21	13 00	–3 18	1,069	1,924	10,5
Июнь 10	12 56	–4 20	1,113	1,802	10,3
Июнь 30	13 08	–6 54	1,177	1,687	10,1



МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ

Название потока	Даты видимости	α радиант	δ	Созвездие	V , км/с	Часовое число
η -Аквариды	Апрель 25–Май 15	23 ^h 16 ^m	–3°	Водолей	65	200
Писциды	Май 6–10	0 48	19	Рыбы		
Ариэтиды	Май 21–Июль 1	2 36	24	Овен		66
Офиухиды	Май 14–Июль 2	18 00	–23	Змееносец		20
Лириды	Июнь 17–21	18 42	37	Лира		8

В.А. ЮРЕВИЧ

Информация

Объект пояса Койпера изучен 10-метровым телескопом

Группа американских астрономов провела уникальные наблюдения одного из тел пояса Койпера

на крупнейшем в мире 10-метровом оптическом телескопе им. Кека (Гавайи, США). Диаметр объекта 1993 SC – около 300 км. Спектральный анализ отраженного от него излучения в близкой инфракрасной области позволил сделать вывод, что поверхность изучаемого небесного тела покрыта замерзшими углеводородами. Этот лед состоит из молекул CH_4 , C_2H_6 , C_2H_4 , C_2H_2 . Возможно, что там есть и более сложные углеводоро-

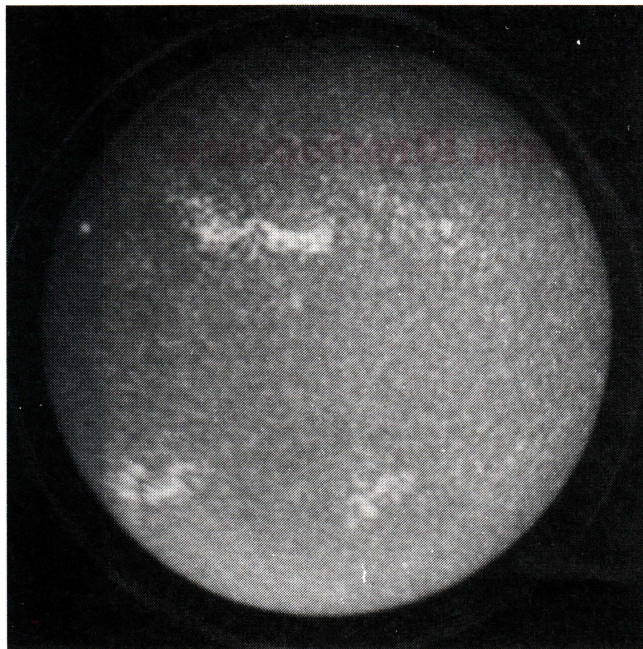
ды. Некоторые спектральные характеристики указывают на присутствие довольно сложных органических молекул. Схожий состав поверхности имеют и некоторые другие тела Солнечной системы (Плутон и спутник Нептуна Тритон).

Science, 1997, 276, 5314, 873

Солнце в октябре – ноябре 1997 г.

В этом периоде в разных полушариях Солнца четко обозначились две активные зоны, полностью опоясывающие его на широтах ок. 30° . Приэкваториальный пояс между ними, занимающий около 0,4 диаметра Солнца, оставался практически спокойным. Такая картина свидетельствует о полной смене старого цикла новым, 23-м. Активные зоны еще неоднородны: пятна и факелы в них перемежаются с почти спокойными участками.

Почти весь октябрь удерживалась умеренная активность ($11 < W < 26$), группы пятен были, в основном, небольшие. Только после 28 октября, когда на диск вышла крупная группа пятен в южной активной зоне, число Вольфа W достигло 35. Эта группа определяла уровень активности в первой декаде ноября. В ней произошло несколько вспышек, в том числе одна довольно крупная, 8-го ноября. После ее захода, активность Солнца примерно в течение недели была низкой (1–2 небольших пятна). В середине месяца на диск снова вышла крупная группа пятен. С ее заходом (26-го ноября) совпало появление еще одной крупной группы, в конце месяца достигшей центрального меридиана.



Солнечный диск, сфотографированный в свете ионизованного кальция. Активность распределена в сравнительно узких зонах, опоясывающих Солнце на широтах ок. 30° . Подобная картина типична для начальных фаз цикла. Снимок получен В.В. Пипиным 7 октября 1997 г. в Байкальской астрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН

на. Обе последние группы находились в северной активной зоне, в южном полушарии в ноябре активность была низкой. Индекс W в начале и конце месяца достигал 50, а в среднем за ноябрь составил 35.

*В.Г. БАНИН,
доктор физико-математических наук
С.А. ЯЗЕВ,
кандидат физико-математических наук*

Информация

От Солнца валит... пар

Два года назад ученые заподозрили, что пятна на Солнце могут содержать в себе **водяные пары**. Об этом говорили результаты со-

поставления спектров солнечных пятен со спектром водяного пара, нагретого до 1500° . Предположение оставалось недоказанным, так как температура солнечного пятна все же намного выше.

Сотрудники Лондонского колледжа О. Полянский и Дж. Теннисон построили математическую модель, в которую ввели информацию обо всем комплексе физических условий в солнечных пят-

нах. ЭВМ подтвердила, что инфракрасный спектр солнечного пятна, содержащего водяные пары при температуре в 3000° , должен выглядеть именно так, как это фиксируется при наблюдениях.

Теперь ясно, что солнечные пятна – “мокрые места” нашего светила.

Science, 1997, **277**, 5324, 346
New Scientist, 1997, **155**, 2092, 25

Вислава Шимборская



В 1996 г. Нобелевская премия по литературе была присуждена выдающемуся польскому поэту Виславе Шимборской.

В. Шимборская родилась в 1923 г. в Познаньском воеводстве, закончила Ягеллонский университет в Кракове, живет в этом городе и сейчас. Значительное место в поэзии Шимборской занимает “философская антропология на основе общей теории природы” (по словам польского философа Яна Прокопа). Действительно, Шимборская изучала археологию, антропологию, знакома с основными понятиями космологии и астрономии, нередко использует термины этих наук в поэтических образах. Как и большинство поэтов Запада, Шимборская пишет в основном верлибром, т.е. свободным нерифмованным стихом, без определенного размера.

Стихи Шимборской переведены на все европейские языки, от албанского до эстонского, а также на ведущие восточные языки. На русском языке Шимборская представлена главным образом подборками стихов в антологиях:

“Польские поэты” (Москва, 1978) и “Польская поэзия: XX век” (Москва, 1993). Наш великий поэт Иосиф Бродский считал В. Шимборскую одним из крупнейших современных поэтов, знал наизусть многие ее стихи. В своей Нобелевской лекции Шимборская говорит:

«Есть, была и всегда будет определенная категория людей, которых посещает вдохновение. Это все те, кто сознательно выбирает себе занятие и трудится с любовью и фантазией. Бывают такие садовники, можно перечислить еще сотню профессий. Для этих людей работа может стать неизменно увлекательным приключением – если только они не оставят без внимания ни один брошенный ею вызов... Вдохновение, чем бы оно ни было, рождается из постоянного “не знаю”».

Предлагаемые вниманию читателей философские стихи о Вселенной, переведенные мною, ранее на русском языке не публиковались.

*Б.С. ГОРОБЕЦ,
доктор геолого-минералогических наук*

Атлантида

Были они или не были.
На острове, не на острове.
Океан или не океан
поглотил их или же нет.

Кому-то было любить кого-то?
Кому-то было бороться с кем-то?
Случалось все или ничего
там или не там.

Семь городов стояли.
Наверняка ли?
Собирались стоять века.
Доказано наверняка?

Не придумали пороха, нет.
Порох придумали, да.

Сомнительны. Гипотетичны.
Не оставив следов, прошли.
Не вышедшие из воздуха,
огня, воды и земли.

Не заключенные в камень,
ни в дождевую каплю.
Не смогли сдать экзамен
назначенный или внезапный.

Упал метеор.
Не метеор.
Ударил вулкан.
Нет, не вулкан.
Кто-то кричал.
Никто ничего.

На той плюс-минус Атлантиде.

1957

Превышение

Открыта новая звезда.
Это не значит, что стало светлее
и больше чего-то, чего не хватает.
Звезда далекая и большая,
так далека и мала,
что даже меньше других,
много меньших ее.

Удивление бы не было странным,
если бы на него было время.
Возраст звезды, масса звезды, ко-

ординаты.

Этого хватит вполне вероятно
на диссертацию,
и на скромный бокал вина
в сферах, близких к небесным:
сам астроном с супругой, его дру-
зья и коллеги
в одежде свободного стиля
в непринужденной беседе
на городские темы,
поедают земные орешки.

Звезда, конечно, прекрасна,
но это вовсе не повод,
чтобы не выпить за дам,
несравнимо более близких.

Звезда не влечет последствий.
Не влияет на моду, погоду,
отставку премьера, доверье народа,
пропаганду и индустрию.

И гладь стола переговоров не от-
ражает звезду.

Время жизни звезды превышает
нашу жизнь на много порядков.
И ни к чему вопросы,
сколько звезд светило, когда мы
родились,
и под сколькими вскоре придется
нам умирать.

Новая.

– Покажи хотя бы, где она там на
небе.

– Между краем той бурой тучи
и веткой акации слева.

– Ага, – говорю я.

1986

Падающие с неба

Нет магии, есть неземные силы.
Ночь, август, небо с фоном черно-
синим.
То ли звезда упала, то ли не она.
Может, комета пролетать должна.
Не знаешь, надо ли загадывать
желание.
Жизнь звезд, смерть звезд. При-
чем тут наши ожидания?

Двадцатый век. – И разве может
искра
дать знать, что она значит истинно?
Я – искра, искра из хвоста кометы,
всего лишь искра, я погасну скоро.
Не я заполню завтра все газеты –
та, рядом, из горящего мотора.

1970

Предостережение

Не посылайте в космос шутников –
совет таков.

Четырнадцать безжизненных пла-
нет
и несколько комет, и две звезды,
в полете к третьей
насмешники утратят юмор.

Космос – таков, как есть,
и, значит, безупречный.
Факт этот шутники простить не
смогут.
Их ничего не радует:
ни время – поскольку слишком
медленно течет,
ни красота – нет у нее изъянов,
величие – не слышит их насмешек.
Все поражаются,
они – зевают.

В полете же к звезде четвертой
еще похуже будет.
Усмешки кислые,
расстройства сна, координации
движений,
реплики глупые, как например:
сыр у вороны в клюве,
лик у святого мухами загажен,
а в ванной – обезьяна.
Ну да, бывало в жизни.

Недальновидны.
Бесконечности предпочитают чет-
верг.
И примитивны.
Мелодии высоких сфер предпочи-
тают пару нот фальшивых.

Всего уютней им в щели
между теорией и практикой,
следствием и причиной.
Но в космосе – не на Земле, здесь
нет щелей.

При полете к тридцатой планете
(безнадежно пустынной)
вообще не выйдут наружу –
голова болит или палец.
Как это скандально и стыдно.
Такие деньги впустую.

1976

Информация

Черные дыры в далеких галактиках

Сотрудник Астрофизического центра в Кембридже (США) Джим Моран проводил наблюдения ма-
зерных источников излучения мо-
лекулы воды в далеких галактиках.

Такие источники возникают в
плотных облаках межзвездного
газа. Наблюдения позволяют оп-
ределять скорости облаков и их
положения в галактике. Эти пара-
метры связаны между собой зако-
нами Кеплера. Сопоставляя дан-
ные, Дж. Моран пришел к выводу,
что в галактике NGC 4258 облака
движутся так, как если бы они на-
ходились в поле тяготения цент-
рального тела с массой 36 млн
масс Солнца. При этом вся эта ги-
гантская масса сосредоточена в

районе поперечником менее 1 св.
года. По современным представле-
ниям объектом с такими характе-
ристиками может быть только
черная дыра.

Еще один объект с подобными
свойствами оказался в ядре галак-
тики NGC 1068. Здесь, по наблю-
дениям Морана, масса черной ды-
ры составляет ок. 10 млн солнеч-
ных масс.

New Scientist, 1997, 155, 2098, 29

Секреты пирамид*



Книга имеет подзаголовок **“Созвездие Ориона и фараоны Египта”**. Читатели найдут в ней не только итоги многолетних раздумий одного из авторов (Р. Бьювэла) о роли звезд в религии Древнего Египта, но и подробное описа-

ние процесса научного исследования. Р. Бьювэл не специалист-египтолог, он по профессии инженер, история Египта его хобби. Другой автор, Э. Джилберт, помог Р. Бьювэлу на последнем этапе исследований и особенно в написании книги. Тем не менее все повествование в книге ведется от первого лица Р. Бьювэлом.

В ходе своего знакомства с эпохой строительства пирамид и с их конструкцией Р. Бьювэл пришел к мысли, что в самом появлении этих сооружений и их форме определяющую роль сыграла “звездная” религия Древнего царства Египта, в которой главенствующую роль играли боги звездного неба. Вторая его идея – строительство всех пирамид шло по единому плану для повторения на земле картины части звездного неба. Эти положения Р. Бьювэл и пытается доказать своими исследованиями.

Из школьных учебников мы знаем, что по наблюдениям **гелиакического восхода Сириуса** египтяне предсказывали разлив Нила. Известно также, что египтяне разделили центральный пояс небесной сферы на 36 участков, **деканов**. По восходу звезд этих деканов они делили год на 36 частей (12 месяцев по 3 декады в каждом плюс 5 дней в конце года), а по положению декана на небе делили ночное время на части. В популярных книгах нередко можно встретить утверждения, что египтяне мало интересовались астрономией, и что в многочисленных текстах на стенах храмов почти нет астрономических сведений. Р. Бьювэл доказал, что это не так.

* Бьювэл Р., Джилберт Э. Секреты пирамид. М.: Вече, 1996, 368 с.

Книга состоит из 12 глав с прологом и эпилогом и 9 приложений. Композиция ее подчинена не столько логике донесения до читателя известных авторам сведений, сколько последовательности хода мыслей Р. Бьювэла при разгадке им секретов пирамид. Поэтому и я не буду здесь следовать порядку глав, а расскажу об основных идеях книги.

Конечно, в такой книге не обойтись хотя бы без краткого описания пирамид. Они построены в эпоху Древнего царства, охватывающего III–VI династии (ок. 2686–2181 гг. до н.э.). Первая, еще ступенчатая, пирамида была построена при фараоне Джосере. Ее строителем считается жрец **Имхотеп**. По преданию, именно он был изобретателем каменной кладки и методов обработки поверхностей каменных блоков. Имхотеп начал возводить пирамиды при фараоне Снофру, построив две стометровых пирамиды. Он был также врачом, архитектором и астрономом, один из его титулов: “глава наблюдателей”.

Наиболее известны три большие пирамиды в Гизе, возведенные при фараонах IV династии. В эпоху V и VI династий пирамиды продолжают строиться, но уже значительно уступают по высоте и технике исполнения предыдущим. Зато в них появляются надписи, причем весьма обширные (“Тексты пирамид”). А далее строительство пирамид прекратилось. Бьювэл приводит доказательства, что это связано с религиозными распрями в конце Древнего царства и с победой “солнечной” религии, когда главенствующим богом стал бог Солнца, Амон-Ра.

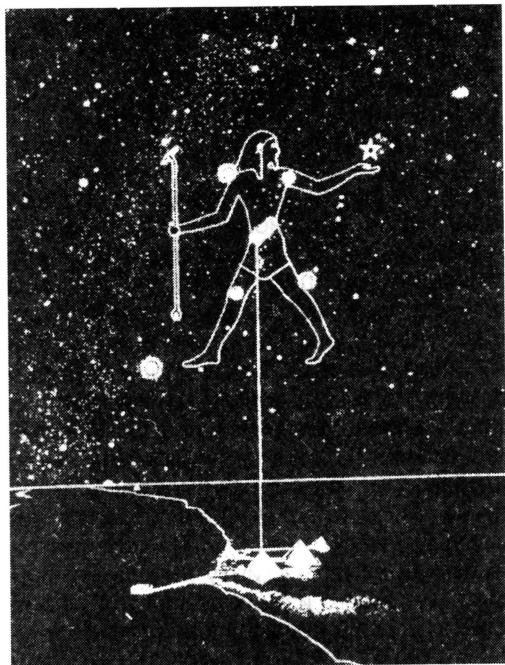
У всех других древних народов Солнце было главным богом. Это вполне понятно, ведь именно Солнце вызывает весеннее возрождение природы – главное событие в хозяйственной жизни древних общин. В Египте определяющим был разлив Нила, о его приближении египтяне узнавали по звездам. Так что вполне естественно, что боги, связанные со звездами, были здесь главнейшими. А потом выяснение решающей роли Солнца, видимо, и способствовало смене религии.

“Тексты пирамид” переведены с языка иероглифов несколькими авторами. Ведь это древнейший образец литературы, открывающий самые ранние главы интеллектуальной истории человечества. Разногласия появляются при их истолковании. Долгое время ученые считали, что ссылки на звезды в них – отголосок более древних времен, а в эпоху пирамид культ Солнца уже преобладал. Но потом мнение стало меняться.

В Египте фараон был чем-то вроде живого бога на земле. Во времена Древнего царства он был олицетворением бога Осириса, а этот бог отождествлялся со звездами пояса Ориона. Звездой жены Осириса, Изиды, был Сириус, неотступно следующий за Орионом. При изучении “Текстов пирамид” высветился принципиальный элемент древней религии – вера в то, что душа умершего фараона устремляется к небу, чтобы найти успокоение в звездах Ориона-Осириса, умирающего и возрождающегося бога.

Бьювэл, собравший и систематизировавший множество упоминаний о звездах в “Текстах”, считает это мнение хорошо обоснованным. Кроме того, он сделал вывод, что весь ритуал похорон фараона был направлен на то, чтобы помочь душе умершего фараона освободиться от тела и подняться к созвездию Осириса-Ориона. Более того, даже строительство пирамиды было подчинено той же задаче. Доказательство этому обнаружилось в конструктивных особенностях пирамид.

Наиболее исследована археологами самая большая пирамида, фараона **Хеопса**, 146 м высотой. С севера внутрь пирамиды идет узкий и низкий ход, углубляющийся под углом в 26,5°. В одном месте от него ответвляется такой же ход, но уже вверх под тем же углом. Через 40 м он расширяется, и повышается с 1,18 до 8,53 м, образуя Большую галерею. Перед входом есть горизонтальное ответвление, ведущее в большую комнату – “погребальную камеру царицы”. Поднявшись по Большой галерее, можно попасть в “погребальную камеру царя”, площадью 10,46 × 5,23 м и высотой до 40 м. (Обратите внимание: форма пола – двойной квад-



Созвездие Ориона и пирамиды Египта

рат, а угол между стороной и диагональю у такой фигуры – $26,5^\circ$.)

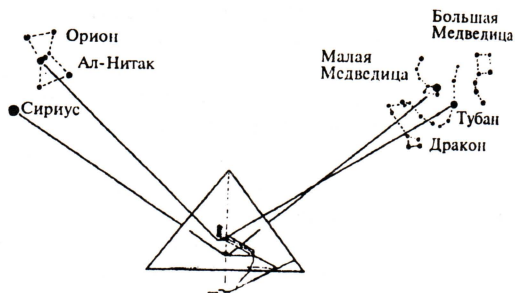
Особый интерес Бьювэла вызвали узкие шахты (ок. 20×20 см), выходящие по две из противоположных стен погребальных камер и направленные вверх под разными углами. Каждая из них лежит в плоскости меридиана. Первооткрыватели не могли объяснить их назначение. Позже ученые предположили, что шахты строились, чтобы облегчить душе усопшего фараона выход к звездам. Первые расчеты астрономы сделали в 1964 г. только для шахт камеры царя, используя измерения наклона, сделанные еще в 1880 г. Получилось, что около 2600 г. до н.э. шахты были направлены на среднюю звезду пояса ϵ Ориона и на звезду Тубан, α Дракона (тогдашнюю Полярную).

Бьювэл заподозрил, что измерения были неточны. По его мнению, шахта должна быть направлена на нижнюю звезду пояса Ориона. И вот почему. Как уже было упомянуто, Бьювэл считал все пирамиды построенными по едино-

му плану, и потому их взаимное положение неслучайно. В качестве модели был избран участок неба, включающий созвездие Ориона. Я считаю, что по отношению ко всему созвездию это положение проверить невозможно, в оценке точности совпадения топографического плана зоны пирамид и звездной карты слишком много субъективного. Но в одном можно согласиться. Если наблюдатель расположится к северу от пирамид Газы и будет смотреть на восток, ожидая восход Ориона, то в момент, когда он, наконец, различит звезды пояса, наклон их цепочки к горизонту будет очень схож с углом расположения пирамид по отношению к линии восток-запад. При этом самая удаленная от наблюдателя и самая малая пирамида, высотой 65 м, соответствует звезде δ Ориона, самой слабой из трех звезд пояса. Эта пирамида немного сдвинута по отношению к линии, соединяющей две других, и такой же сдвиг имеет на небе δ Ориона. Но тогда ближайшая к наблюдателю пирамида Хеопса должна соответствовать нижней, левой звезде пояса (Альнитак или ζ Ориона).

Здесь Бьювэл оказался прав, это подтвердили новые измерения. В 1993 г. для исследования шахт был сконструирован специальный робот. Для нас важно, что с его помощью были уточнены углы подъема шахт. Южная шахта камеры царя действительно указывала на Альнитак. Северная – на Тубан в его верхней кульминации. Тубан тогда находился в $1,5^\circ$ от полюса. Южная шахта камеры царицы указывала на Сириус. Разброс дат точных совпадений невелик и определенно показал, что пирамида (точнее, ее шахты) была построена ок. 2450 г. до н.э. К моменту написания книги точных измерений наклона четвертой шахты еще не было, первая оценка была 39° . Самый вероятный объект для нее – звезда Кохаб, β Малой Медведицы, в 2450 г. до н.э. она была на высоте в $39^\circ 20'$. Этот результат хорошо иллюстрирует возможности археоастрономии в датировке древних памятников. Пирамида Хеопса “помолодела” на 150 лет.

Некоторые положения Бьювэла спорны. Так, он утверждает, что егип-



тяне знали о прецессии. Да, египтяне, как и многие другие народы, вполне могли заметить, что точки восходов и заходов звезд и их высоты в кульминациях меняются со временем, но это еще не значит, что они тем самым уже осмыслили явление прецессии. Для этого нужно иметь представление о небесных кругах, эклиптике и экваторе, и о движении точки их пересечения. Свидетельств, что древние египтяне дошли до этого, нет. Так что сохраним приоритет в этом открытии за Гиппархом.

Бьювэл работал в контакте со многими учеными, не сразу и не у всех он встречал понимание. К сожалению, он не обращался за консультациями к астрономам. Иначе в книгу не проникли бы явные нелепости. Так, у него прецессия оказалась способной переместить созвездие Ориона с "восточного

берега" Млечного Пути на "западный".

Не будем упоминать здесь мелкие неточности астрономического плана у Бьювэла, найти их нетрудно. Лучше расскажем об одной почти детективной истории, раскрытой им. Оказывается, известный шотландский астроном Ч. Пиацци Смит в 70-х гг. прошлого века занимался исследованием пирамид и даже написал книгу об этом. Бьювэл узнал из нее, что внутри пирамиды было найдено несколько предметов. Естественно, он захотел увидеть их и, к своему удивлению, выяснил, что специалисты по Древнему Египту ничего не знают о них, никто из них не читал Пиацци Смита. Даже в анналах Британского музея не было никаких сведений. Бьювэл продолжил поиски, нашел дневники Пиацци Смита, где оказались зарисовки находок. История стала достоянием газет. Один из бывших сотрудников Британского музея, увидев статью в газете, вспомнил, что эти предметы все же есть в музее.

В.А. ЮРЕВИЧ,

кандидат физико-математических наук

Информация

Рекордная разрешающая способность

Астрономы США, Австралии и Южно-Африканской Республики провели радионаблюдения пульса-

ра Vela-X (Паруса-X) – остатка Сверхновой, вспыхнувшей около 10 000 лет назад. Расстояние до пульсара – 1600 св. лет. В наблюдениях достигнуто рекордное разрешение порядка одной триллионной (10^{-12}) градуса. Под таким углом мы бы увидели рисовое зернышко на поверхности Марса. Считалось, что подобное разрешение может быть достигнуто только после вынесения радиотелеско-

пов в космос. Но в данном случае помогла расширяющаяся оболочка Сверхновой, действовавшая как гигантская линза.

Эти наблюдения позволили непосредственно измерить размер области, откуда исходит радиоизлучение пульсара, – 500 км.

New Scientist, 1997, 154, 2081, 16

ПОЕДИНОК

А.В. БАГРОВ

Земной звездолет был перехвачен гравитационными полями с трассы подпространственного перехода к звезде Лавалия, заторможен и причалин к кончику острия прекраснейшего сооружения, напоминающего ажурный скелет радиоларии.

Единственный обитатель звездолета, его капитан и инспиратор Вольг Пено, увидев перед кораблем светящиеся арки и километровые лучевидные башни ажурной конструкции, сразу понял, что на его долю выпал жребий представлять земную цивилизацию во время первого ее контакта с шахматянами. В глубинах космоса их цивилизация считалась самой развитой. Шахматяне далеко превысили в своем развитии тот уровень, который в состоянии нарисовать самое пылкое воображение любого землянина. Шахматяне не без оснований считали остальных обитателей Галактики примитивными созданиями,

едва сменившими каменный топор на изподпространственный селектор, и потому ни с кем не общались. Легенды, правда, утверждали, что шахматяне время от времени проверяют уровень развития разумных существ, снующих по Вселенной, устраивая при этом нечто вроде экзамена на умение соображать. Лучшим тестом на всестороннюю сообразительность у них считалось умение играть в шахматы, из-за чего за ними и закрепилось прозвание шахматяне. Понятное дело, умение играть в шахматы было делом чести каждого уходящего в пространство, и Вольг Пено был среди них далеко не последним.

Капитан звездолета, ожидавший всяких чудес от шахматян, нисколько не удивился, когда в ответ на его мысленную команду экстренного вызова диспетчера корабельный компьютер вывел на монитор надпись: "Все системы корабля заблокированы". Вольг

Пено не удивился и тогда, когда исчез пульт управления, а на его месте возник мерцающий звездными искрами проход в озаренный ярким светом зал. Ни секунды не колебавшись, он материализовал на себе парадный капитанский мундир и шагнул в проход.

В озаренном огнями зале его сдержанно приветствовал юный атлет с глазами мудреца.

— Если судить об уровне развития вашей цивилизации по звездолету, на котором вы прилетели, то он должен быть весьма невысок, — покровительственным тоном заговорил шахматянин или встроенный в него переводчик. — Однако мы ставим умственные возможности обитателей космоса гораздо выше достигнутого ими негэнтропийного уровня. Наши дети, к примеру, играя, зажигают звезды и создают галактики, не думая о последствиях. Уступая многим разумным существам по уров-

ню своего развития в раннем детстве, они обладают способностями, благодаря которым быстро достигают высот нашей цивилизации. Мне было бы приятно обнаружить в твоих собратьях племя существ с высоким умственным потенциалом.

– Мне это тоже было бы приятно, – искренне заверил Вольг Пено. – Насколько известно из бытующих в космосе легенд, мы будем играть в шахматы?

– Да, но только мы называем это не игрой, а поединком. В нем у каждого из нас единственной силой будет способность мозга к анализу и обучению.

Атлет плавно качнул рукой, и переливы света сложились в клетчатую доску с разноцветными фигурами.

– Чтобы двинуть фигуру, не надо за нее браться. Достаточно громко сказать, откуда и куда происходит перемещение в любой удобной для вас терминологии. Смотрите, как я начну!

Шахматянин произнес какое-то слово, доступное произношению разве что белки, а не человека, и похожая на гладиатора фигурка из переднего ряда двинулась вперед, перескочив через клетку.

Вольгу Пено почудилось, что переводчик произнес “пешка е2 – е4” как-то неумовимо быст-

ро, раньше команды на беличем языке. На движение белой пешки землянин ответил “пешка е7 – е5”, а невидимая рука поставила его гладиатора лицом к лицу с воином противника.

Двумерный вариант шахмат не представлял сложности. Ходы без пауз следовали друг за другом, неумолимо приближая ее к ничейному исходу. Памятное с детства правило “не ошибешься – не проиграешь” капитан Пено усвоил твердо, и не ошибался, но ему было неприятно, что переводчик (или сам шахматянин?) торопливо подсказывал ему правильный ответный ход, если он хоть на миг медлил с ответом. Землянин видел в череде подсказок стремление противника поскорее закончить простую формальную процедуру и старался не дать проявиться своему раздражению.

Действительно, едва неизбежность ничьей стала очевидной, доска с фигурами исчезла, а на ее месте появился прозрачный куб с двумя пирамидами фигур энергопланов, киборгов и инспираторов на противоположных гранях. Первый ход был за землянином, и Вольг Пено рассыпал своих киборгов строем кометы. Шахматянин ответил выводом двух экранопланов. Дальше партия развивалась в основном в русле начала

Бентиволио. После первого размена инспираторов шахматянин устремился в атаку на неприступный строй киборгов, отдав за двух из них экраноплан.

В сложившейся острой позиции Вольг Пено стал подолгу задумываться над каждым ходом. Беспрерывное бурчание переводчика вначале мешало ему сосредоточиться, но потом он понял, что шахматянин не подсказывает, а скорее разбирает позицию, завершая выводом наиболее удачного хода.

– Интересно, – думал Вольг Пено, – что понимает шахматянин под словом “поединок”? Похоже, что он меня учит, а не играет со мной.

Партию в трехмерные шахматы землянин с помощью своего противника закончил вничью. Тотчас между ними возникло нагромождение кубов, являющихся проекциями четырехмерного гиперкуба в трехмерное пространство. В каждом из них возникли фигурки, подобные кораблю шахматянина, окрашенные в разные цвета, разноцветные, мерцающие искрами облака, а также другие фигуры, которым даже при долгом размышлении трудно было бы найти аналогию, не говоря уже о том, что все эти фигуры беспрестанно менялись, а временами исчезали вообще.



Четырехмерные шахматы были Вольгу Пено знакомы, но не более того. Среди его коллег встречались приверженцы десятков различных

вариантов четырехмерных шахмат, и Вольг Пено даже не был уверен, что знает хотя бы половину из них. Он владел пространственным вооб-

ражением достаточно, чтобы водить через гиперпространство звездолеты, но здесь этого явно было мало. А тут еще незнакомые фигуры и не-

знакомые правила. Вольг Пено задумался.

– Вы не знаете правил? – догадался шахматянин. – Они не намного сложнее, чем в предыдущем поединке. Сейчас объясню!

Объяснения получились, действительно, доходчивые. Вольг Пено решил, что причиной этому была оригинальная методика шахматянина, изрекавшего правила с торжественной неторопливостью и в то же время объяснявшего их знакомым бормотанием-скороговоркой. Едва шахматянин умолк, Вольг Пено сделал первый ход, выведя в подпространство виртуальные пенетраторы.

Шахматянин ответил атакой поглотителей пространства на северный сектор надпространственной полусферы, где дрейфовали разноцветные генераторы Вольга Пено. В ответ Пено активизировал желтые и зеленые генераторы, как подсказал ему продолжавший бормотать, объясняя позицию, переводчик.

Поединок получился захватывающе интересным. Благодаря пояснениям шахматянина Вольг Пено почувствовал красоту игры. Он решил, что непременно покажет коллегам-инспираторам на первой же базе, какими должны быть настоящие четырехмерные

шахматы! Он предвкушал триумф, хотя и понимал, что ссылка на встречу с шахматянином придавала бы очарование даже “крестикам-нолика́м”.

В объяснениях шахматянина мало-помалу стали появляться одобрительные оценки игры землянина. А когда дальнейшие размены привели к вырождению партии в обычный трехмерный вариант, шахматянин сказал, не отрывая взгляда от опустевших проекций четырехмерного куба:

– Этот землянин поразительно быстро все схватывает. В поединке он уже выглядит так, как будто участвует в них с детства! И он не просто провел поединок, он не уступил мне! Никто из моих соплеменников не смог бы так блестяще провести свой первый поединок!..

Шахматянин поднял голову и внимательно оглядел стоявшего перед ним человека.

– Просто поразительно, – продолжал он свой монолог, – как сочетается убогость техники цивилизации с возможностями интеллекта, который даровала природа этим землянам!... Даже как-то не верится, что это так. Тем не менее, поединок – этот универсальный тест на способности – показал, что способность землян к обуче-

нию и развитию нисколько не ниже, чем у нас!

Встав, юный атлет с глазами мудреца торжественно протянул Вольгу Пено обе руки и величаво произнес:

– Отныне именем моего народа твой народ признается носителем высшего разума Вселенной. Теперь любой представитель твоего народа имеет равные с нами возможности познавать, жить и творить как в нашем мире, так и за его доступными пределами! Прими в знак истинности этого завета нерушимый модуль связи моего народа!

Вольг Пено вложил свои ладони в ладони шахматянина, вокруг них полыхнуло ослепительное сияние, – все исчезло.

Пено оказался в черной пустоте космоса – без корабля и без скафандра. Ориентиров не было.

– Где я? – подумал Вольг Пено, и тут же точное знание ситуации сверкнуло в его мыслях. Новым, неведомым ему прежде способом он перенесся в свой звездолет, даже не обратив внимания, сколько килопарсек пришлось ему при этом преодолеть.

Проглядывая мысленно пласты новых знаний и перебирая вновь обретенные способности, Вольг Пено материализовал перед собой два зеркала. Разглядывая се-

бя вчерашнего в одном зеркале и себя сегодняшнего в другом, он не удержался от соблазна поразмышлять вслух:

– Да, модуль связи выглядит очень забавно, он явно мне идет! Я с ним выгляжу как какой-то

святой на древней иконе – с нимбом над головой!.. А все из-за моей невнимательности. Надо же – не смог сразу отличить звуковой ретранслятор от сигналов телепатической связи! Интересно, как бы все кончилось,

если бы шахматянин знал, что я просто слышу его мысли, а не играю с ним в шахматы?

Модуль связи сработал, и ответ точас сверкнул в голове Вольга Пено.

Москва. 1996.

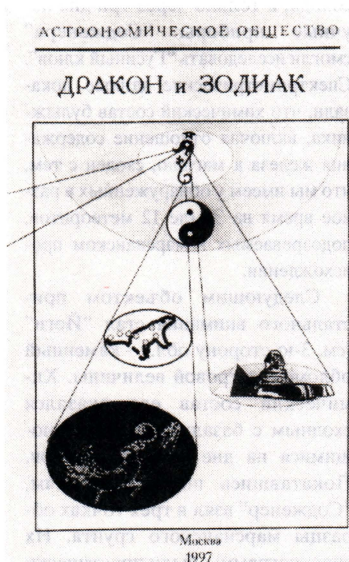
НОВЫЕ КНИГИ

Дракон и Зодиак

Такое название имеет небольшой сборник, выход которого приурочен к конференции по палеоастрономии, состоявшейся 19–24 ноября 1997 г. в рамках IV съезда Астрономического общества. Сборник открывается статьей Э.Н. Каурова “Созвездие Дракона: архаическая система астрономических наблюдений”.

Истоки астрономии, по мнению автора, лежат в среднем палеолите (мустье), где уже намечается предпочтительная ориентация погребений: преобладают направления на восток и на север. А ведь это вообще самые первые зафиксированные ареологами преднамеренные погребения. Их возраст от 30000 лет и более, вплоть до 100000 лет. Древними людьми прежде всего были выделены самые заметные небесные явления – суточное вращение небесной сферы и само существование Полюса мира. Это знание сохранялось в памяти поколений и вошло в древнекитайскую астрономию. У китайцев небо было разделено на пять участков, при этом зона вокруг северного полюса считалась центральной, обителью Владыки Неба и его двора. Остальные четыре “управления” расходились от центрального по сторонам света.

Древние люди сумели даже зафиксировать прессионное смещение Полюса мира. Свидетельством этому служит форма созвездия Дракона, оборачивающегося вокруг полюса эклиптики. Древние китайские представления о небе и связанная с небом мифология приводят к выводу о глубокой древности начала формирования созвездия Дракона, символизм которого пронизывает всю китай-



скую философию и мировоззрение. Примерно такой же возраст имеет созвездие Большой Медведицы. Автор оценивает время выделения этого созвездия в 80–100 тыс. лет.

Автор прослеживает китайскую иконографию неба от 3000 г. до н.э., когда появился первый зооморфный символ созвездия Дракона. Интересно, что после 1000 г. до н.э. старые зооморфные и антропоморфные образы созвездий были заменены новыми, соответствующими номенклатурным и хозяйственным нормам императорского Китая.

Четыре сектора, отходящие по странам света от полярной области, простирались до эклиптики. О ее делении на Древнем Востоке можно узнать из статьи А.М. Карапетьянца “Древнекитайский и древнеиндийский зодиак”. Каждый сектор делился на три части – получается 12 созвездий, каждому из которых соответствует определенное животное.

Секторы неравны, их размеры от $98 \frac{1}{4}$ до 112 ед., а в сумме они дают $365 \frac{1}{4}$ ед., т.е. угловой единицей служит величина дневного перемещения Солнца по эклиптике. Кроме того, каждый сектор делился на 7 частей. Подобное деление, на 28 частей, имеет и древнеиндийский зодиак. Однако, в статье не отмечено, что аналогичное деление на 28 “лунных домов” было и в западной астрономии.

Г.Г. Ершова в статье “Зодиакальный пояс в представлениях мезоамериканцев” сообщила о проделанной ею реконструкции зодиака майя, составленного из тринадцати созвездий. Астрономические представления древних мезоамериканцев составляли неотъемлемую часть их Модели Мира, где религия, искусство, архитектура и астрономия сливались воедино. Небесный зодиак и Млечный Путь воспроизводились в мифах и храмовых сооружениях. Современному человеку трудно понять мировоззрение наших далеких предков, но после чтения статьи Г.Г. Ершовой создается впечатление, что она глубоко постигла его.

На высокую степень мифологизации астрономических представлений, которые не составляли отдельной сферы знания, а пронизывали все сферы бытия, указывает Д.С. Равевский в статье «Пространство и время: Зодиак и “зодиак”».

Книга заканчивается приложением “SETI и древние цивилизации”, написанном Э.Н. Кауровым. Но речь идет не о палеоконтакте, а о том, что методологические разработки программы SETI, пока только теоретические, могут помочь в изучении древних цивилизаций, ибо мировоззрение их носителей может оказаться столь же несхожим с нашим, как и мировоззрение инопланетян.

Знакомство с Марсом

После семи месяцев полета космический аппарат “Марс Патфайндер” (см. Земля и Вселенная, 1997, № 4) совершил посадку на Марсе. 4.07.1997 г. он ударился о грунт, 16 раз подскакивал в воздух, прежде чем замереть в холодной ночной темноте чужой планеты. С рассветом, получив энергию от лучей восходящего Солнца, научные приборы аппарата пробудились и послали на Землю (до нее в этот момент было 191 млн км) первые изображения окружающего мира. Открывшийся взору пейзаж не назывешь однообразным: далекие холмы и близкие обнаженные скалы; соседние камни пустыни окрашены во все возможные оттенки красного цвета, а их размеры и формы не повторяются.

При планировании экспедиции местом посадки была избрана сухая долина Арес Валлис, потому что еще 21 год назад ученые, изучая снимки поверхности Марса, сделанные космическими аппаратами “Викинг”, заподозрили, что когда-то по этой долине текла вода. Дальнейшие исследования показали, что несколько миллиардов лет назад с южных нагорий Марса в долину Арес Валлис входил поток, в тысячу раз полноводнее Амазонки. Он принес сюда скальные обломки и булыжники, округлые формы которых и ориентация в одну сторону показывают, куда волокна их воды вдоль огромных речных русел.

Район посадки интересен также тем, что в 1 км от него находится небольшой кратер. Ожидали встретить образцы глубинных пород, выброшенных при столкновении с поверхностью метеорита.

Здесь и примарсился спускаемый аппарат. Когда сдулись посадочные амортизаторы, с него выкатился шестиколесный марсоход “Соджнер”. Стальные выступы

его колес оставили первые следы на красноватом песке планеты. Механический геолог приступил к работе. Первым объектом изучения оказался довольно крупный булыжник, получивший название “Гусиный клюв” (команда, управлявшая с Земли действиями марсохода, раздавала прозвища каждому заметному объекту или выступу). Впрочем, начальное знакомство оказалось трудным – на булыжник наехали передние колеса марсохода, и только через три дня научные приборы “Соджнера” смогли исследовать “Гусиный клюв”. Спектрометрические данные показали, что химический состав булыжника, включая отношение содержания железа к магнию, сходен с тем, что мы имеем у обнаруженных в разное время на Земле 12 метеоритов, подозреваемых в марсианском происхождении.

Следующим объектом пристального внимания стал “Йоги” (см. 3-ю сторону обл.) – каменный обломок метровой величины. Химический состав его оказался сходным с базальтами, встречающимися на дне земных океанов. Покатавшись по окрестностям, “Соджнер” взял в трех точках образцы марсианского грунта. Их спектрограммы были практически одинаковыми с теми, которые изучали приборы “Викингов” в иных районах Марса в 1976 г. Можно заключить, что ветры Марса переносят с места на место и равномерно разносят песчаную пыль.

Марсоход не мог удаляться от “Марса Патфайндера” более чем на полкилометра, иначе с ним мог бы потеряться радиокontakt, так как связь с Землей осуществлялась через посадочный отсек. Им управляли специалисты, имевшие для этого стереоскопические очки, помогавшие создавать трехмерные изображения удаленных объектов. Анализ стереоизображений показал, что аппарат находится на краю сухого “пролива”, берега которого отмечены холмистыми грядами. Полагают, что они образовались под действием потоков воды, смывавших породы в

русло и отбрасывавших их на берег.

Склоны “Пика Близнецов” отчетливо показывают несколько горизонтальных линий, напоминающих полосы на склонах Большого каньона в Колорадо (США). Такие полосы могли возникнуть в ходе повторных размывов почвы потоками воды.

Специалистов заинтересовала скала по имени “Полосатик”. В нижней ее части увидели беловатый прямой след. Сначала его приняли за небольшую трещину, заполненную светлой пылью. Но позже, когда “Патфайндер” получил фотографии скалы с помощью камеры, поднятой на 1,5 м высоту, оказалось, что полоса тянется вверх скалы. Стало ясно, что это не трещина, а жила какого-то светлого минерала, весьма вероятно, возникшая при гидротермальных процессах. Как раз такой процесс предлагался в попытках объяснить, каким образом один из марсианских метеоритов, содержащий, по-видимому, следы ископаемых бактерий, мог приобрести изобилие углеродистых соединений.

Помимо геологии, “Марс Патфайндер” занимался астрономией и метеорологией. Его камера проследила движение в небе одного из марсианских спутников – Деймоса. Наблюдения за погодой показали, что температура в этом районе меняется от –40° ночью до –10° днем. Ветры дули с умеренной силой – ок. 5 м/с.

Все это время Космический телескоп им. Хаббла наблюдал Марс. С его помощью было установлено, что перед посадкой космического аппарата в Арес Валлис была безоблачная погода, и только в тысяче км к югу разрывалась пылевая буря. С 9 по 11 июля ураган утих, а часть песка и пыли переместилась в окрестности “Марса Патфайндера”. Пребывание посланца Земли в далеком мире позволяет узнать новое о Красной планете.

Science News, 1997, 152, 2–3

**Указатель статей по теме "Любительское
телескопостроение", опубликованных в журнале
"Земля и Вселенная" в 1965–97 гг.**

Алесенко Н.В. Азимутальная установка и фотоприставка для трубы "Турист"	1978,5	Коган Л.Р. Самодельный радиотелескоп	1980,1,2
Балакин В.А. Самодельный телескоп "Альтаир"	1991,3	Козлов А.Н. Солнечное затмение в самодельный рефрактор	1969,2
Бекашев Р.Х. Самодельный астрограф	1980,4	Крикорянец Д.В. Фотографирование Солнца комбинированной оптикой	1988,2
Бекашев Р.Х. Монтировка самодельного рефлектора	1982,5	Крылов А.Н. Портативный астрограф без гида	1973,4
Бекашев Р.Х. 400-миллиметровый рефлектор Ньютона–Кассегрена	1989,1	Крылов А.Н. Портативный телескоп	1981,3
Бекашев Р.Х. Светосильный рефлектор Кассегрена	1993,6	Крылов А.Н. Параллактические монтировки двух телескопов	1990,6
Бекашев Р.Х. Любительский телескоп в Пулковской обсерватории	1996,3	Курцман А.С. Электронно-механический привод телескопа	1987,3
Белкин А.Д. Часовой механизм без червячной пары	1991,6	Курцман А.С. Контроль вторичных кассегреновских зеркал	1988,4
Белухин А.Н. Самодельный телескоп "Сатурн"	1991,2	Левенцев А.Н. Фотографический конвертер в любительском телескопе	1987,5
Бычков А.И. Самодельный кометоискатель	1985,4	Левин А.В. Крепление вторичного зеркала в телескопе-рефлекторе	1992,2
Варвянский Е.А., Подзиров А.И. Изготовление плоских эллиптических зеркал	1991,5	Лосюк А. Самодельный люксметр	1973,6
Василенко Н.П. Клуб "Сириус"	1987,1	Лысенко К.И. Астрограф с часовым механизмом	1982,1
Василенко Н.П. Работы клуба "Сириус"	1990,4	Марленский А.Д. Телескоп-рефрактор на колонне	1977,2
Василенко Н.П. Изготовление выпуклого гиперболического зеркала	1991,2	Мажуга А.В. Точность измерения продольных аберраций	1988,6
Василенко Н.П. Менисковый телескоп	1992,5	Мильхикер М.А. Постройте сами телескоп-рефрактор!	1966,1
Воронин А.Т. Графический метод проверки качества параболического зеркала	1988,1	Мильхикер М.А. Простой прибор для фотометрии лунного света	1967,2
Гершанов А.В. Фотографируем с помощью "Алькора"	1991,3	Мормыль В.Г. Самодельный бинокляр	1991,2
Гревцев С.П. Фокусировка телескопа	1991,4	Набока И.П. Мои самодельные телескопы	1989,1
Гришин Ю.А. Самодельный фотогелиограф	1971,4	Набока И.П. Менисковый астрограф	1992,3
Жуховицкий С.Ю. Портативный астрограф	1976,2	Наумов Д.А. Изготовление 400-миллиметрового зеркала	1983,2
Жуховицкий С.Ю. Портативный рефрактор	1976,3	Наумов Д.А. Еще раз об усовершенствовании зрительной трубы "Турист"	1985,5
Заруба Ю.Б. Объектив "МТО-1000" – универсальный телескоп	1988,5	Павленков В.И., Яхно Г.С. Гидирующее устройство для астрографа	1979,5
Казнев В.Ю. Вычисляем параметры ступенчатого шлифовальника	1990,5	Панфилов Б.И. Панорамный астрограф	1989,3
Казнев Ю.В. Определение точности поверхности вогнутого стекла	1995,1	Панфилов Б.И. Подсветка креста нитей в окуляре	1991,6
Карпов С.В. Мощный астрономический бинокляр	1992,1	Панфилов Б.И. Самодельный звездный фотометр	1992,4
Карпов С.В. Переносной телескоп	1992,3	Подъяпольский А.Н. Теневое испытание главного зеркала. Беседа 4	1966,2
Каширин В.А. Простой астрограф	1991,1	Подъяпольский А.Н. Самодельные окуляры для телескопов. Беседа 5	1966,5
Клевцов Ю.А. Телескоп новой системы	1991,5	Подъяпольский А.Н. Труба и установка самодельного телескопа. Беседа 6	1967,4
Клейн А.К. Самодельный телескоп-рефрактор	1971,6	Подъяпольский А.Н. Универсальный телескоп-рефрактор	1971,6

Пустыгин Б.Н. Привод астрографа с двигателем постоянного тока	1994,3	Швыркунов В.В. Портативный менисковый телескоп	1992,5
Розенблюм Н.Д., Шевченко М.Ю. Как построить вертикальные солнечные часы	1987,3	Шемякин М.М. В помощь любителям, строящим самодельные телескопы. Телескоп можно построить дома	1965,1
Савельев Антон. Все началось с "Алькора"	1988,6	Шемякин М.М. Сопоставление строителей самодельных телескопов	1965,2
Санкин О.Н. Червячный привод телескопа: тест на пригодность	1996,4	Шемякин М.М. Изготовление стеклянных дисков-заготовок для главного вогнутого зеркала телескопа. Абразивы. Беседа 1	1965,4
Сатуев Ш. "Алькор" – гид и астрограф	1991,1	Шемякин М.М. Шлифовка главного зеркала телескопа. Беседа 2	1965,5
Сикорук Л.Л. Телескоп на спринг-филдской монтировке	1980,3	Шемякин М.М. Полировка главного зеркала телескопа-рефлектора. Беседа 3	1966,1
Сикорук Л.Л. 150-миллиметровый телескоп-рефлектор	1986,5	Шемякин М.М. Работа с самодельным телескопом. Беседа 7	1967,6
Сикорук Л.Л. Выбор параметров и расчет оптики телескопов Кассегрена и Грегори	1987,4	Шемякин М.М. Сопоставляются любители, строящие астрономические приборы	1968,4
Сикорук Л.Л. Обработка главного зеркала телескопов Грегори и Кассегрена	1987,5	Шемякин М.М. IV коллоквиум телескопостроителей	1972,4
Сикорук Л.Л. Испытания вторичных кассегреновских зеркал	1988,3	Шемякин М.М. V коллоквиум телескопостроителей	1977,1
Сикорук Л.Л. Протуберанц-телескоп	1989,5	Шемякин М.М. Три юбилейные даты	1989,2
Служавый А.Г. Телескопы, построенные украинскими любителями	1995,1	Шуваев Г.В. Выставка любительских телескопов	1987,1
Станкевич И.И. Телескопостроители обмениваются опытом	1986,1	Шувалов В.М. Механизм управления телескопом	1973,1
Станкевич И.И. Алван Кларк	1990,1	Шувалов В.М. Самодельный телескоп-рефлектор	1978,4
Терешков М.А. Астрограф из зеркально-линзового фотообъектива	1993,3	Шувалов В.М. Часовой механизм для самодельного телескопа	1979,2
Тичинский С.И. Обсерватория с куполом	1992,2	Щербаков А. Астрограф с объективной призмой	1991,4
Туманов В.Н. Окуляр-микроскоп для визуальных наблюдений	1994,1	Зарубежные любительские телескопы Максудова и Шмидта-Кассегрена	1987,5
Фурсов Е.В. "Алькор" – гид	1991,3	Использование алмазных паст для обработки зеркал	1987,4
Чувахин С.Д. Как построить телескоп системы Кассегрена	1970,3	Крупнейшие любительские телескопы мира	1987,4
Чукарев Г.И. Телескоп-рефрактор из готовых деталей	1969,4		
Швыркунов В.В. Фотографирование звездного неба длиннофокусным объективом	1988,5		

Заведующая редакцией Г.В. МАТРОСОВА. Зав. отделом наук о Земле В.А. МАРКИН
Зав. отделом астрономии В.А. ЮРЕВИЧ. Зав. отделом космонавтики С.А. ГЕРАСЮТИН
Художественный редактор М.С. ВЬЮШИНА

Литературные редакторы Е.А. НИКИТИНА, Е.Ю. МОРЕЙНО

Мл. редактор Л.В. РЯБЦЕВА

Корректоры В.А. ЕРМОЛАЕВА, Л.М. ФЕДОРОВА

Номер оформили: Р.В. ЕРМАКОВА, Е.Е. БАРК, Ю.А. ТЮРИШЕВ

Обложку оформила М.С. ВЬЮШИНА

Сдано в набор 8.01.98 Подписано в печать 20.02.98

Формат бумаги 70 × 100¹/₁₆ Офсетная печать

Уч.-изд. л. 11,8 Усл.-печ. л. 7,8

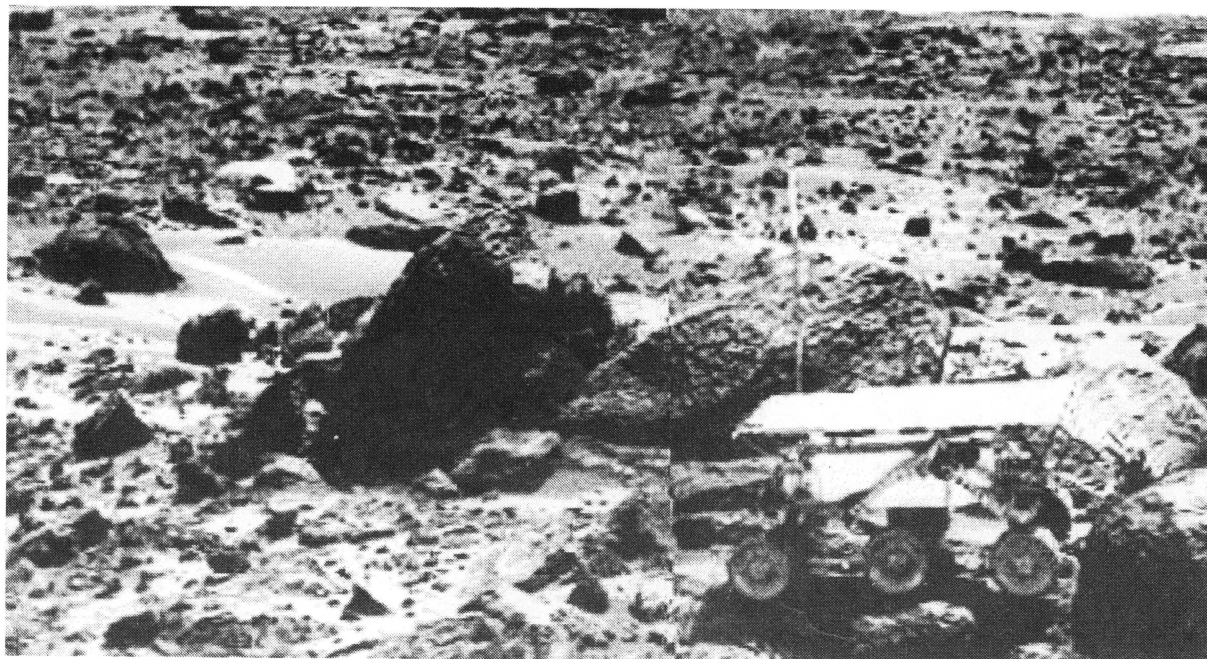
Усл. кр. отт. 15,2 Бум. л. 3,5 Тираж 1871

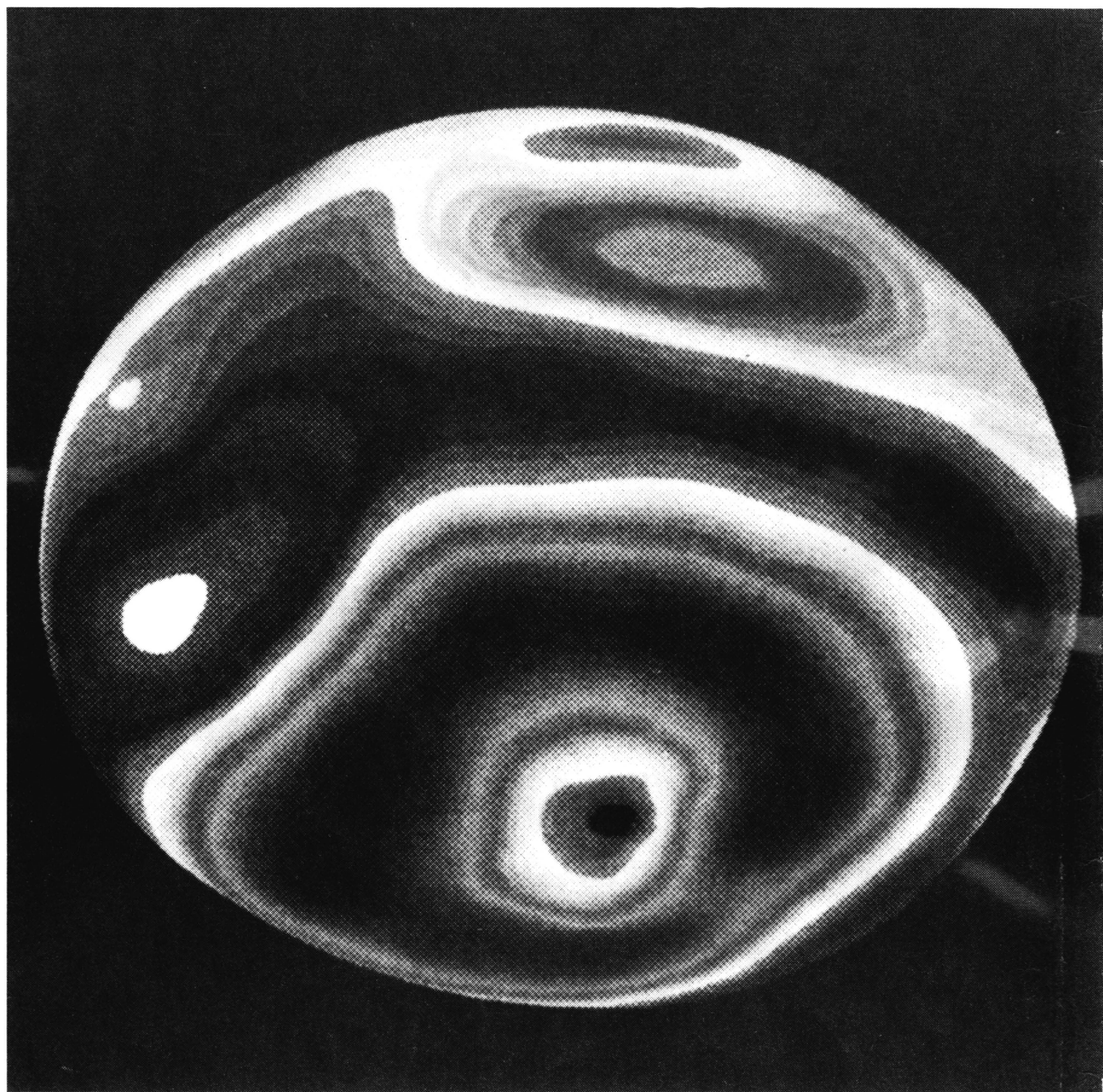
Заказ № 2972

Адрес редакции: 117810, ГСП-1, Москва, Марононский пер., д. 26. Ж-л "Земля и Вселенная"

Телефоны: 238-42-32, 238-29-66

Московская типография № 2 РАН; 121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 6





"Наука"
Индекс 70336